تلوث الأراضى الزراعية ومياه الرى

(كيماويًا وميكروبيًا)

والتحكم فيـه

دكتور/ ماهر مراد الشناوى









تلوث الأراضى الزراعية ومياه الرى
(كيماويًا وميكروبيًا)
والتحكم فيه

تلوث الأراضى الزراعية ومياه الرى: (كيماويًا وميكروبيًا) والتحكم فيه

POLLUTION OF AGRICULTURAL SOILS AND IRRIGATION WATER (CHEMICALLY AND MICROBIALLY) AND ITS CONTROL

تأليف

دكتور ماهر مراد الشناوى

أستاذ ميكروبيولوجيا وبيوكيمياء الأراضى

العميد الأسبق

كلية الزراعة - جامعة المنوفية



الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

٢٠١٥

بطاقة فهرسة الكتاب:

الشناوى، ماهر مراد.
تلوث الأراضى الزراعية ومياه الرى (كيماويات وميكروبيا) والتحكم فيه/ ماهر مراد الشناوى .- ط١ . - الجيزة: المكتبة الأكاديمية، ٢٠١٥.
تدمك: ٠ - ٥٥٠ - ٢٨١ - ٩٧٧ - ٩٧٨
١ - التربة - تلوث
٢- الأمراض الزراعية
٣- الرى
أ - العنوان ٦٢٨,٥٥

رقم الإيداع: ١١٠١٦/ ٢٠١٥

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠١٥م/ ١٤٣٦هـ

المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية
رأس المال المصدر والمدفوع ١٨,٢٨٥,٠٠٠ جنيه مصرى
١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة
القاهرة - جمهورية مصر العربية
تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)
فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

تقديـم

الأرض الزراعية هى الجزء العلوى من القشرة الأرضية الذى تنمو عليه النباتات ليتغذى عليها الإنسان والحيوان. ومن البحار والمحيطات يتبخر الماء ليعود ويسقط مطراً ليشق أنهاراً تروى مياهها الأرض الزراعية، فتمتصها النباتات بما تحمله من عناصر معدنية ذائبة لتكون بها مركباتها العضوية وتبنى خلاياها وأجسامها وتنتج ثمارها. ومرة أخرى يعود الماء الممتص إلى البيئة (جو وأرض) وذلك من خلال النتح والبخر وتحلل المخلفات العضوية (من مصادرها النباتية والحيوانية) فى دورة متكاملة.

وبذلك تكون علاقة الماء مع الأرض الزراعية على حالة نقية فى الطبيعة، ليمنحا معاً حياة آمنة صحياً وبيئياً لجميع الكائنات على سطح الأرض.

ومن هنا فإن ما يلحق بالأرض الزراعية ومياه الرى من صور التلوث الكيماوى والميكروبى المختلفة بفعل الأنشطة البشرية غير المحسوبة، لمن شأنه إلحاق الضرر بمختلف الأحياء من نبات وحيوان وإنسان، وبالتالى تدهور إقتصاد المجتمع وتخلفه.

وهذا مما يحتم على الإنسان، من منطلق إنتمائه لوطنه وحفاظاً على صحته ورفاهيته، إتخاذ الإحتياطات الضرورية للحد من هذا التلوث، ومراعاة الأبعاد البيئية فى أنشطته وحفاظاً على صحته. وعلى الدولة وضع الضوابط وإتخاذ الإجراءات وسن القوانين الحازمة الكفيلة بالحفاظ على البيئة عامة والزراعة خاصة من التلوث ومعالجة آثاره.

المؤلف

قائمة المحتويات

رقم الصفحة

رقم الصفحة

مقدمــة

INTRODUCTION

لقد بدأت نظرة العالم إلى أهمية البيئة ومكوناتها المختلفة بطريقة جدية منذ حوالي خمسين عامًا، إلى أن عقد المؤتمر العالمي للأرض وبيئتها، وكان ذلك في مطلع العقد السابع من القرن الماضي (العشرين). حينئذ دُق ناقوس الخطر لجميع دول العالم بضرورة أن تحظى شئون البيئة بالإهتمام الأكبر حفاظًا على الموارد الطبيعية والمحيط الحيوي (Biosphere) من الاستنزاف والتدهور والتلوث. وهذه التحذيرات مرجعها إضطراد تزايد أعداد البشر والتوسع العمراني الغير مقنن وسوء استخدام الموارد الطبيعية.. هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى عدم مراعاة الأبعاد البيئية في الأنشطة الصناعية والزراعية فيما يخص طرق التخلص من المخلفات والانبعاثات الغازية. وهذا يؤدي حتمًا إلى الإضرار الجسيم بالبيئة وكائناتها الحية وذلك من خلال التلوث بصورة المتباينة وفي مختلف أركان الكرة الأرضية، في الهواء والماء والأرض. فالتلوث لا يقتصر على موقع بعينه ولكنه ينتقل من مكان لآخر عن طريق الهواء والماء وغيرهما.

إن الله سبحانه وتعالى قد خلق الأرض ليعيش عليها الإنسان وسخر له كل وسائل الحياة ومقوماتها. إلا أن هذا الكوكب قد فقد مميزاته بما أصابه من أمراض بيئية عرفت باسم التلوث "Pollution". وتعددت صور التلوث وتضخمت معدلاته وتزايد إنتشاره في الجو والبر والبحر. وهذا كله من فعل الإنسان الذي أهمل بيئته وإستهان بها واستنزف مواردها ونشر فيها نفاياته، دون أن يراعي أبسط قواعد الحرص على الصحة العامة وترشيد أنشطته الصناعية والزراعية. وفي ذلك صدق الله العظيم في قرآنه الكريم بقوله:

"ظَهَرَ الفَسَادُ فِي البَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ" (سورة الروم أية "٤١").

فقد أدى عدم مبالاة البشر في مظاهر حياته وأنشطته المختلفة إلى تقلص مساحات الغابات الطبيعية وقلة وفرة المياه العذبة الصالحة للشرب وتجريف الأرض الزراعية والتصحر. وذلك كله نتيجة للتزايد السكاني المضطرد والتمدد العمراني وإهمال الزراعة لحساب الإنشاءات المدنية والصناعية وغيرها. هذا بجانب إنقراض العديد من أنواع الكائنات الحية وبالأخص الأعداء الطبيعية للآفات. وبالإضافة إلى كل ذلك تصاعد إرتفاع درجات حرارة الأرض نتيجة تزايد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو، وحدوث ثقب الأوزون وتوسعه نتيجة تصاعد غازات أجهزة التبريد والإيروسولات وأكاسيد النيتروجين وما يترتب على ذلك من أضرار. ولعل من أهم عوامل التلوث هو إنتشار وتزايد معدلات تراكم كيماويات مبيدات الآفات والمنظفات والمعادن الثقيلة في الأراضي والمياه.

ويشمل هذا الكتاب ثلاثة أبواب رئيسية هي "التلوث في النظام البيئي العام"، و"التلوث الكيماوي للأراضي الزراعية ومياه الري والتحكم فيه"، و"التلوث الميكروبي للأراضي الزراعية ومياه الري والتحكم فيه". وينتهي الكتاب بقائمة وافية من المراجع المختارة.

وبذلك سيقتصر عرضنا في هذا الكتاب على ما يعتري الأراضي الزراعية ومياه الري من عوامل التلوث الكيماوي (غير العضوي والعضوي) والميكروبي، وتأثيرهما على الإنسان والحيوان والنبات. هذا بالإضافة إلى وسائل تفادي تلك الملوثات من مصادرها المختلفة، وكذلك طرق المعالجة في حالة حدوث التلوث.

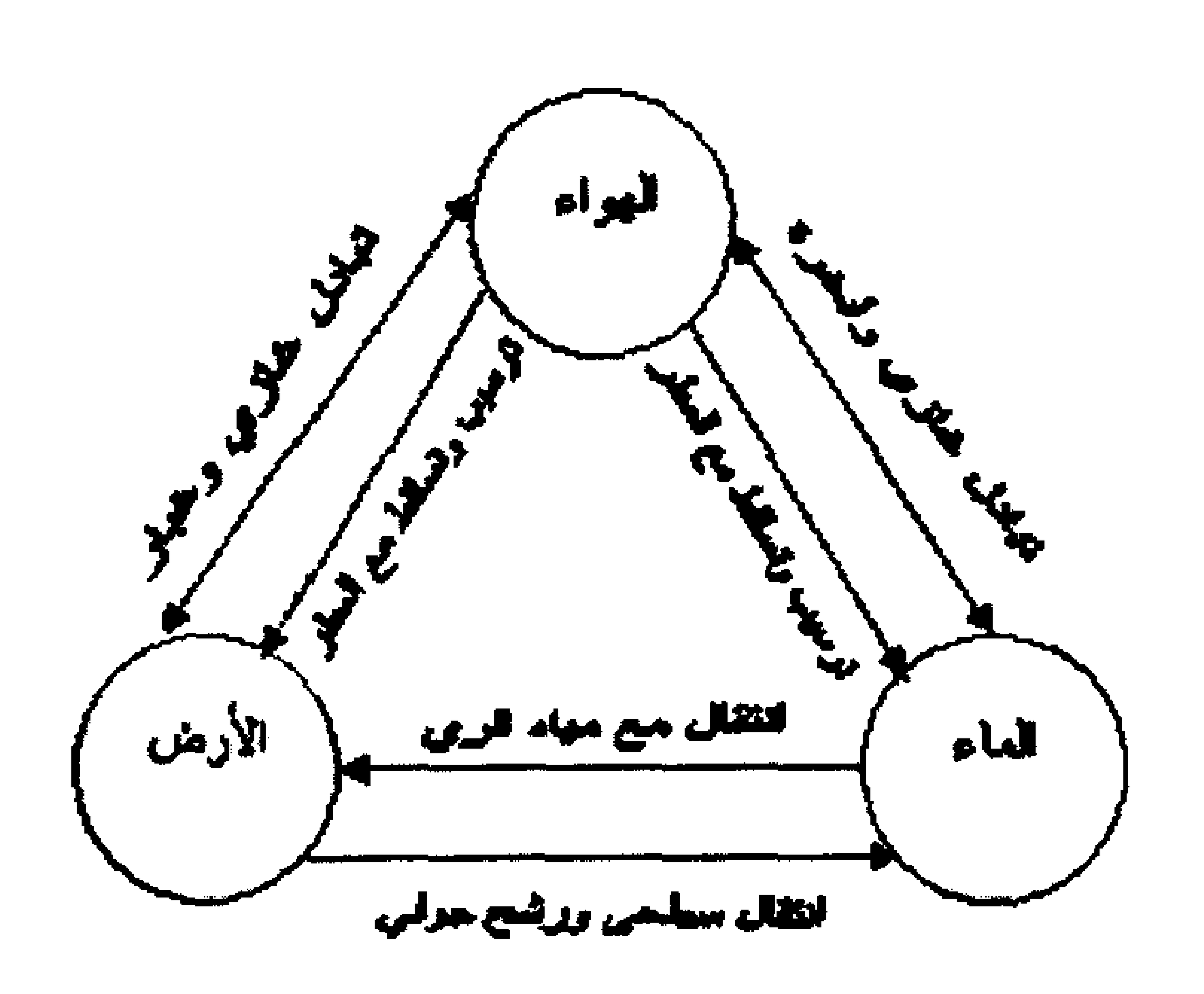
الباب الأول

التلوث فى النظام البيئى العام

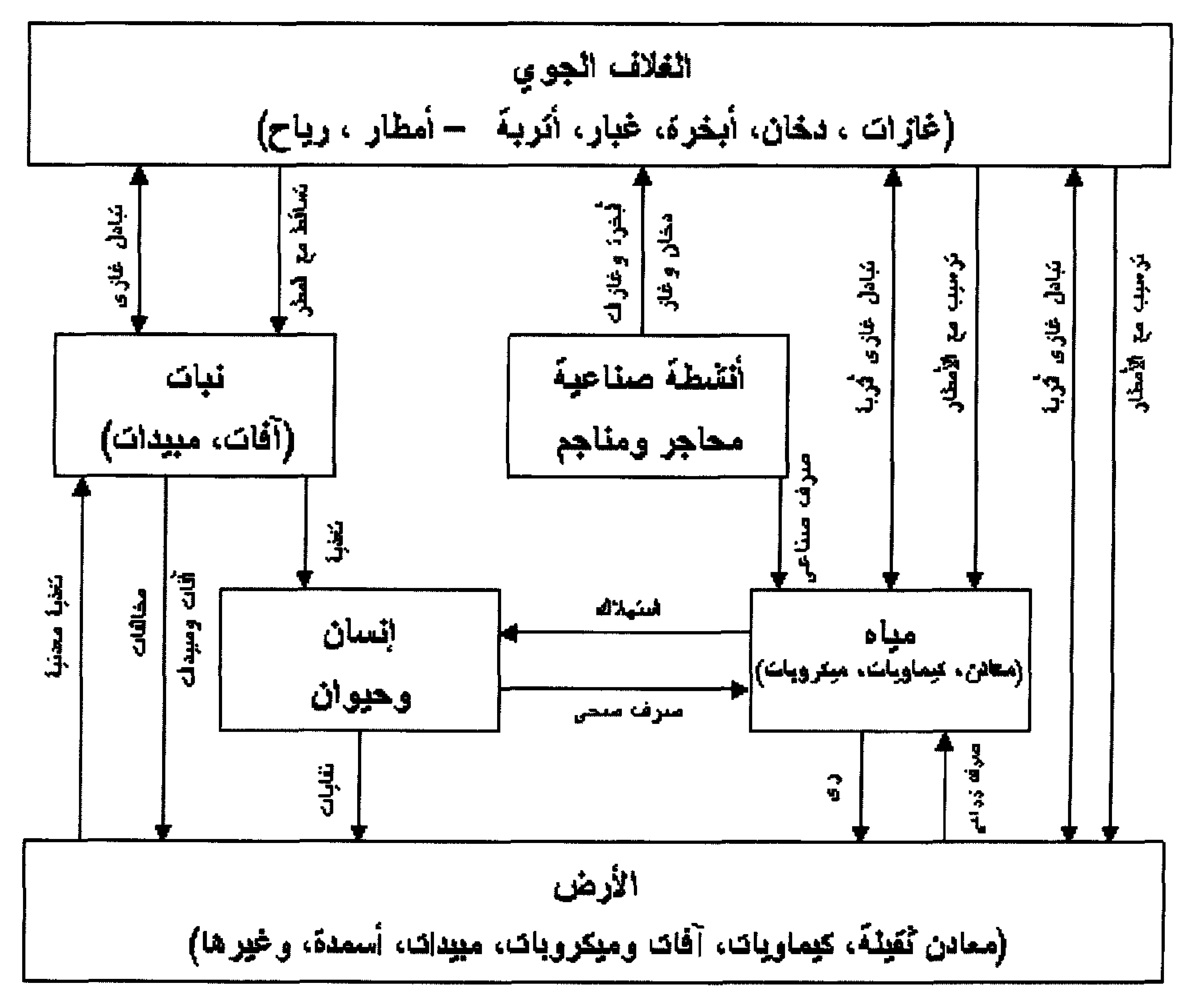
POLLUTION
IN THE GENERAL ENVIRONMENTAL SYSTEM

تتنوع **مواقع حدوث التلوث** عمومًا على الكرة الأرضية فهي في الهواء والماء والأرض، بل وتمتد إلى أعلى الغلاف الجوي في طبقة الأوزون (Ozonesphere "O_3"). كما تتباين **أنواع التلوث**، فمنه ما هو كيماويًا (غير عضوي وعضوي) وبيولوجيًا (ميكروبي وبيوكيماوي) وحراريًا، وإشعاعيًا وسمعيًا وبصريًا وغذائيًا. ويلعب الإنسان الأدوار الرئيسية بصفة مباشرة وغير مباشرة في العديد من مظاهر التلوث، وذلك منذ أن بدأ في تعدياته غير المحسوبة على البيئة الطبيعية وإستمراره في ذلك بالتمدد العمراني والتوسع في الأنشطة الصناعية المختلفة، دون مراعاة للأبعاد البيئية ومحاذيرها في الحاضر والمستقبل، وذلك على حساب الاخضرار أو المكون النباتي ممثلاً في الغابات الطبيعية والزراعة. فالنباتات هي مضخة الأكسوجين ومصدر معيشة الكائنات الحية.

وترتبط مواقع التلوث (بصوره المختلفة) ببعضها البعض بطريقة دورية (Cyclic)، حيث يطلق عليها التسمية العامة "**تلوث البيئة Environmental Pollution**". ويبين الشكلان "١– أ " (موجزًا) و "١– ب" (تفصيلًا) حركة التلوث في الطبيعة.



شكل (١– أ): موجز لحركة التلوث في الطبيعة.



شكل (١– ب): الدورة التفصيلية لتلوث البيئة.

ويشمل **التلوث الكيماوي** (**Chemical Pollution**) كل ما يتجاوز المعدلات الآمنة من المركبات الغير عضوية (المعدنية) والعضوية (الهيدروكربونية). وعن **الملوثات غير العضوية** هناك العديد من العناصر المعدنية خاصة الثقيلة منها ما يعتبر وجودها سامًا حتى بكميات ضئيلة للغاية أو على الأقل ضارًا لصور الحياة في أغلب الحالات. إلا أن وجود بعضها بمعدلات آمنة يعتبر مفيدًا أو غير مؤثر سلبًا أو إيجابًا في حالات معينة. **وأهم مصادر الملوثات غير العضوية** هي أنشطة وعوادم المصانع والمجاري والبراكين والمناجم والمحاجر والمخلفات الصلبة والمطر الحامضي وغيرها كثير. أما **الملوثات العضوية** فمنها ما يكون ضررها بسبب تركيبها الأصلي أو نواتج تحللها الوسطية أو النهائية، وذلك تبعًا لتركيزها أو كميتها وقابليتها للتحلل. **وأهم الملوثات العضوية** هي مركبات البترول ومبيدات الآفات ونفايات وعوادم بعض الصناعات (خاصة الغذائية) والصرف الصحي والقمامة.

ويشمل **التلوث البيولوجي** **(Biological Pollution)** إنتشار الميكروبات الممرضة للإنسان والحيوان والنبات، وكذلك تلك التي ينتج عن نشاطها مركبات بيوكيماوية ضارة في البيئة (مثل المضادات الحيوية ومركبات فينولية وغازات معينة وغيرها). كما يتضمن التلوث البيولوجي بيض الديدان المتطفلة (بلهارسيا، إنكلستوما، إسكارس)، وكذلك حاملي أو ناقلي الأمراض (Disease Vectors) من حشرات وحيوانات وغيرها. هذا بالإضافة إلى بعض النباتات التي من شأنها الإضرار ببعض صور الحياة كياسنت الماء والطحالب في إستهلاكها للأكسوجين اللازم للأسماك، أو تلك النباتات المتطفلة والحشائش التي تؤثر سلبيًا على إنتاج النباتات الإقتصادية. **وأهم مصادر التلوث البيولوجي** هي مياه الري والصرف الصحي والقمامة، بل والهواء كذلك.

أما **التلوث الحراري** **(Thermal Pollution)** ويسمى كذلك "تأثير الصوبة Greenhouse Effect" فيقصد به إرتفاع درجة حرارة الجو، وهذا مرجعه أساسًا إلى إرتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء. فلما كانت نسبة هذا الغاز في الهواء هي ٠,٠٣% إلا أن أي زيادة فيها ستكون على حساب نسبة الأكسوجين (٢١%). وبرغم ضئالة تلك النسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون والتي على أساسها تجري عملية التمثيل الضوئي في النباتات (Photosynthesis) والتي يعقبها ضخ الأكسوجين إلى الجو.. إلا أن أي زيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو لن تكون لصالح النبات ولا باقي الكائنات الحية الأخرى. فهذا الغاز هو حافظ للحرارة، مسببًا ما يسمى الإحتباس الحراري (Thermal Retention)، وبالتالي فإن زيادته تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو وما يترتب عليه من تغيرات بيئية بيولوجية. هذا علاوة على زيادة معدل ذوبان جليد القطبين الشمالي والجنوبي مما يؤدي إلى إرتفاع منسوب البحار على حساب اليابسة. كما يشترك بخار الماء وغازي الميثان بزيادته والأوزون بقلته في ارتفاع درجة حرارة الجو ولكن بدرجة محدودة نوعًا ما. وبالطبع فإن تلك التغيرات المناخية ستؤثر حتمًا على جميع أوجه الحياة والنشاط البشري على سطح الأرض. ويعتبر التوسع الصناعي المضطرد ونواتج إحتراق البترول وأجهزة التبريد والآلات الحرارية والتفجيرات المختلفة، هذا بجانب ما ينتج من حرارة من البراكين والحرائق وبعض المصانع ومحطات الكهرباء.. هي أهم مصادر التلوث الحراري.

أما مظاهر **التلوث الإشعاعي (Radioactive Pollution)** فهي حالات الإنبعاثات الذرية وأشعتها الجسيمية من بعض المحطات النووية خاصة المتهالكة منها، وأيضاً التفجيرات والتجارب الذرية. وكذلك الأشعة الكهرومغناطيسية مثل الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، فالأولى يزداد وصولها للأرض مع إتساع ثقب الأوزون، والثانية تزداد مع إرتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو.

ويتمثل **التلوث السمعي (Acoustic Pollution)** في الأصوات العالية ونشازها وإزعاجها وضوضاء مكبرات الصوت وأجهزة الإرسال وأبواق وسائل المواصلات، وهو ما يرتبط بالقدرة السمعية للإنسان ومدى إستقباله لهذه الضجة. **أما التلوث البصري (Visual Pollution)** فهو ما تقع عليه العين من مناظر منفره (Eyesore) مثل مظاهر عدم التناسق في المباني والمنشآت والعشوائية في المساكن والألوان الشاذة أو عدم الطلاء، وعدم إنتظام حركة سير المشاه والسيارات على الطرق، والتصرفات غير السوية للبشر والإهمال في العمل، هذا بجانب تراكم القمامة في الشوارع. وكلا هذين النوعين من التلوث يسيئان إلى المظهرين الحضاري والثقافي للمجتمع. وينعكس ذلك سلباً على النشاط السياحي، وبالتالي على الدخل القومي للدولة.

وهناك حالات أخرى للتلوث كالتلوث البترولي الناتج عن مواقع إستخراج البترول ومحطات فصل مكوناته وتوزيعها، ومخلفات السفن. وكذلك تلوث النفايات الإلكترونية من مصانع الأجهزة الكهربائية والإلكترونية.

وسنختص هنا بعرض صور ومصادر التلوث الكيماوي والميكروبي للأراضي الزراعية ومياه الري ووسائل التحكم فيه. وذلك لما لهذا الموضوع لما لها من أهمية كبيرة في الإنتاج الزراعي (نباتي وحيواني) والغذائي (كماً ونوعًا)، والذي ينعكس بالطبع على صحة الإنسان والحيوان والنبات، مما يؤثر حتماً على إقتصاد المجتمع وتقدمه.

الباب الثانى

التلوث الكيماوى للأراضى الزراعية ومياه الرى والتحكم فيه

CHEMICAL POLLUTION OF AGRICULTURAL SOILS AND IRRIGATION WATER AND ITS CONTROL

الفصل الأول- التلوث الكيماوي للأراضي الزراعية.

الفصل الثاني- التلوث الكيماوي لمياه الري.

الفصل الثالث- التلوث الكيماوي وتأثيره على نمو النبات وصحة الإنسان.

الفصل الرابع- التحكم في التلوث الكيماوي للأراضي الزراعية ومياه الري.

الفصـــل الأول

التلوث الكيماوى للأراضى الزراعية

CHEMICAL POLLUTION OF AGRICULTURAL SOILS

- الأراضي الزراعية.
- التلوث الكيماوي (تعريفه وصوره).
- الأنواع والمصادر:

أولاً: العناصر الثقيلة.

ثانياً: مبيدات الآفات.

ثالثاً: الأسمدة.

الأراضى الزراعية

AGRICULTURAL SOILS

تنشأ الأراضي الزراعية في المناطق الرطبة والنصف جافة من فعل عوامل البيئة الطبيعية وهي المناخ والطبوغرافيا والنشاط الحيوي مع الزمن على مادة الأصل (Parent Material) الصخرية بعملية التجوية (Weathering) وهي التفتيت والتحلل. أما أراضي المناطق الجافة فيعتمد تكونها على مواد معدنية منقولة في الأنهار كالطمي، تترسب على قاعدة رملية أو صخرية.

وتتكون الأراضي الزراعية من ثلاث صور رئيسية هي الصورة الصلبة (٥٠% من الحجم)، والصورة السائلة أو المحلول الأرضي، والصورة الغازية أو الهواء الأرضي (وهاتين الأخيرتين تمثلان معا ما نسبته ٥٠% من حجم الأرض).

وتتركب **الصورة الصلبة** (**Solid Phase**) من حبيبات معدنية هي الرمل والسلت والطين بنسب متباينة فيما بينهم تمثل في مجموعها ٩٥% ومادة عضوية بنسبة ٥% من الحجم الصلب. **أما الصورة السائلة** (**Liquid Phase**) فتتركب من الماء وما يحتويه من مواد غير عضوية وعضوية ذائبة. **والصورة الغازية** (**Gaseous Phase**) هي الهواء الأرضي المتأثر في تركيبه بالهواء الجوي مع بعض الزيادة في ثاني أكسيد الكربون بجانب وجود غازات أخرى أهمها أكاسيد النيتروجين والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين. وتلعب المعاملات الزراعية (Agricultural Practices) والنباتات النامية أدواراً رئيسية في مكونات الأرض خاصة الصورتين السائلة والغازية.

وتتميز الأرض الزراعية بخواص فيزيائية وكيماوية وحيوية. **فالخواص الفيزيائية** (**Physical Properties**) تحددها نسب المكونات المعدنية الرئيسية التي تشكل قوام الأرض (Soil Texture)، كما تشكل المكونات المعدنية مع المادة العضوية السعة المائية للأرض. **والخواص الكيماوية** (**Chemical Properties**) وأهمها معادن الطين

والسعة التبادلية الكاتيونية والسعة التنظيمية (التي تشارك فيها بفاعلية المادة العضوية) ورقم التفاعل "pH" والعناصر والمركبات الكيماوية المعدنية. **والخواص الحيوية (Biological Properties)** ويمثلها المحتوى العضوي والميكروبي ونواتجهما من المركبات البيوكيماوية.

التلوث الكيماوى للأراضى الزراعية

CHEMICAL POLLUTION OF AGRICULTURAL SOILS

(تعريفه وصوره "Difinition and Forms")

يعرف التلوث الكيماوي للأراضي الزراعية بأنه وصول ملوثات إليها من خلال الهواء أو الماء أو من مصادر أخرى كالمبيدات والأسمدة، والتي تؤدي إلى تدهور إنتاجية الأرض بسبب إلحاقها الضرر بالنباتات والميكروبات المفيدة. وبما أن الأرض هي جزء أساسي من البيئة، فهي تتلقى ملوثات آتية من كل أنواع النشاط البشري. وتعتبر الأرض ملوثة إذا ما تجاوزت كمية المعدن أو العنصر المعين الحدود العليا للتركيز المسموح به. كما أن استمرار تراكم المعادن الضارة وبقاؤها في الأرض يجعل من هذا التلوث مشكلة كبيرة عن مثيلاتها في الهواء والماء، نظرًا لثبات وجود تلك الملوثات في الأرض لفترات طويلة. ويبين جدول رقم "١" (عن: Swaine, 1962 and Bowen, 1966) الحدود المسموح بها من هذه العناصر في الأراضي الزراعية. ويعتبر النشاط الصناعي المتزايد هو أهم مصادر التلوث الكيماوي واستمراره بما ينفثه من غازات وأدخنة وغبار في الهواء وما يصرفه في الماء من عناصر ثقيلة ومركباتها، والتي تصل إلى الأرض الزراعية سواء عن طريق التساقط مع الأمطار أو مع مياه الري. ويساهم في التلوث الكيماوي (غير عضوي وعضوي) للأرض الزراعية كل من مياه الصرف الصناعي والصحي ومبيدات الآفات والأسمدة (معدنية وعضوية) وغيرها.

جدول رقم (١): الحدود المسموح بها من العناصر الثقيلة في الأراضي الزراعية.

العنصــــر	تركيز العنصر في الأرض (ملليجرام/ كجم أرض)		
	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الحد الأمثل
الحديد	١٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠
المنجنيز	١٠٠	٣٠٠٠	٨٠٠
الزنك	١٠	٣٠٠	٨٠
النحاس	٢	١٠٠	٢٠
الكوبلت	١	٤٠	١٥
النيكل	٥	٥٠	٥٠
الكادميوم	٠,٠١	٠,٧٠	٠,١٠
الرصاص	٢	٢٠٠	٣٠
البورون	٢	١٠٠	١٠
الموليبدنم	<١	٥	١
الباريوم	١٠٠	٤٠٠٠	١٠٠٠
الفضة	<١	<١	<١
الزرنيخ	٠,١٠	٤٠	٦
البريليوم	<١	٤٠	٣
الكروم	٥	١٠٠٠	١٠٠
الزئبق	٠,٠١	٠,٣٠	٠,٠٣
الليثيوم	٥	٢٠٠	٥٠
السيلينيوم	<٣	٢٠	٨
التيتانيوم	١٠٠٠	٢٠٠٠٠	٤٠٠٠
الفاناديوم	٢٠	٥٠٠	١٠٠
الزركون	٦٠	٢٠٠٠	٥٠٠

أنواع ومصادر التلوث الكيماوي للأراضى الزراعية

TYPES AND SOURCES OF CHEMICAL POLLUTION IN SOIL

أولاً: التلوث بالمعادن الثقيلة Pollution by Heavy Metals

تصل إلى الأرض عناصر معدنية سامة من مصادر وبطرق مختلفة، وتبقى في الأرض وتتراكم في كميات كبيرة.

وتعتبر العناصر الغذائية الصغرى هي الملوثات الكيماوية الأساسية وذلك في حالة زيادتها بالأرض عن الحدود المسموح بها تبعا لما ورد في جدول رقم "١". وأهم العناصر الملوثة للأرض هي الكادميوم (Cd)، والكروم (Cr)، والرصاص (Pb)، والزنك (Zn)، والحديد (Fe)، والنحاس (Cu)، والكوبلت (Co)، والنيكل (Ni)، والمنجنيز (Mn)، وكذلك السيلينيوم (Se) والزئبق (Hg) في بعض الحالات. وتضم المعادن الثقيلة الصور التالية:

- أيونات معادن حرة ومركبات ومعادن ذائبة في المحلول الأرضي.
- أيونات متبادلة مدمصة على سطوح الطين.
- أيونات غير متبادلة ومترسبة أو مركبات غير عضوية غير ذائبة.
- معادن في معقدات مع مواد عضوية ذائبة أو غير ذائبة.
- معادن مرتبطة في مواد سيليكاتية.

ومن ضمن المعاملات الزراعية المعتادة والتي قد تكون مصدرًا للعناصر الثقيلة هي الأسمدة (عضوية ومعدنيه) ومبيدات آفات، ويظهر ذلك في جدول رقم "٢" (عن: Kabata and Banadis, 1992).

وعادة لا تتوقف الحدود المسموح بها (Safe Limits) (السابق عرضها في جدول رقم "١") فقط على نظام "الأرض – النبات"، ولكن أيضًا على النسب بين العناصر وكمياتها الكلية في الأرض والأثر المتبادل بينهم. وقد تنمو بعض النباتات بطريقة

طبيعية في أراضي ملوثة، إلا أنها حينئذ لا تصلح لاستهلاك الإنسان أو الحيوان رغم عدم ظهور أي مظاهر للتلوث على نموها.

جدول (٢): الأسمدة والمبيدات المحتوية على معادن ملوثة للأرض.

المعدن الثقيل (الملوث)	أسمدة عضوية ومعدنية				مبيدات آفات (%)
	سماد المزرعة	سماد المجاري	سماد نيتروجيني	سماد فوسفاتي	
	نسبة المعدن في السماد (ميكروجرام/ جرام)				
أرسينك	٣-٢٥	٢-٢٦	٢,٢-١٢٠	٢-١٢٠٠	٢٢-٦٠
كادميوم	٠,٣-٠,٨	٢-١٥٠٠	٠,٥-٨,٥	٠,١-١٧٠	-
كوبلت	٠,٣-٢٤	٢-٢٦٠	٥,٤-١٢	١-١٢	-
كروم	٥,٢-٥٥	٢٠-٤٠٦٠٠	٣,٢-١٩	٦٦-٢٤٥	-
نحاس	٢-٦٠	٥٠-٣٣٠٠	١-١٥	١-٣٠٠	١٢-٥٠
زئبق	٠,٠٩-٠,٢٠	٥٠-٥٥	٠,٣-٢,٩	٠,٠١-١,٢٠	٠,٨-٤٢
نيكل	٧,٨-٣٠	١٦-٥٣٠٠	٧-٣٤	٧-٣٨	-
رصاص	٦,٦-١٥	٥٠-٣٠٠٠	٢-٢٧	٧-٢٢٥	٦٠
زنك	١٥-٢٥	٧٠٠-٤٩٠٠٠	١-٤٢	٥٠-١٤٥٠	١,٣-٢٥
منجنيز	٣٠-٥٥٠	٦٠-٣٩٠٠	-	٤٠-٢٠٠٠	-
موليبدنم	٠,٠٥-٣	١-٤٠	١-٧	٠,١-٦٠	-

وهناك العديد من العوامل التي تحدد معدلات الإضافات المقبولة إلى الأراضي الزراعية والتي يجب وضعها في الاعتبار مثل:

١) المحتوى الكلي الأساسي للأرض من العناصر الثقيلة.

٢) الكميات الكلية من العنصر المضاف بالنسبة للعناصر الثقيلة الأخرى.

٣) الحمل التراكمي الكلي للعناصر الثقيلة.

٤) القيود التي يجب وضعها في الحسبان للجرعة المسموح بها للعناصر الثقيلة.

٥) قيمة معامل السمية لكل عنصر من العناصر النادرة بالنسبة للنباتات النامية.

٦) النسب بين العناصر المتداخلة (الأثر المتبادل والتنافس).

٧) خواص الأرض الكيماوية (رقم التفاعل pH، نسبة الكربونات، محتوى الطين والمادة العضوية والرطوبة).

٨) الموازنة بين المدخلات والمخرجات في البيئة المحلية.

٩) مدى حساسية وشدة تأثر النبات بمستويات العناصر الثقيلة.

وتختلف النباتات في مدى تأثرها بتلوث الأرض بالعناصر الثقيلة، وذلك تبعًا لنوع النبات وطبيعة ومرحلة نموه والمعاملات الزراعية التي يتعرض لها. وبالطبع يرتبط تأثر النبات بالمعدل المسموح به من عنصر ما أو بالتأثير المشترك لأكثر من عنصر ثقيل. وتلعب السعة التبادلية الكاتيونية (Cation Exchange Capacity) للأرض دورًا هامًا في هذا الشأن. وعامة تحدد خواص الأرض من شدة التلوث كلما زادت بها نسبتي الطين والمادة العضوية وإرتفاع رقم التفاعل "pH"، بينما تنشط الملوثات في الأرض الرملية أو خفيفة القوام وانخفاض الـ "pH".

وتزداد مشكلة تلوث الأراضي الزراعية لتصبح أكثر شدة مع تزايد الأنشطة الصناعية وما ينتج عنها من أدخنة وغازات وأبخرة (ومنها كذلك الغبار الذري)، والتي تصل إلى الأرض مع الأمطار، وأشهرها المطر الحامضي الذي يحمل العديد من الملوثات الكيماوية، في صورة أحماض مثل حمضي النيتريك والكبريتيك الناتجين من تفاعل أكاسيد النيتروجين والكبريت الغازية مع الماء، وأيضا الملوثات الإشعاعية التي تنتقل مع الرياح من أماكن مختلفة إلى أخرى.

ثانياً: التلوث بمبيدات الآفات Pollution by Pesticides

تعتبر مبيدات الآفات أحد مستلزمات الإنتاج الزراعي التي تستخدم بهدف الحد من أضرار الآفات المختلفة (نيماتودية، حشرية، ميكروبية، حشائشية)، والمحافظة على مستوى الإنتاج النباتي. وهي مركبات كيماوية تضاف مباشرة إلى الأرض أو تعامل بها البذور قبل الزراعة بغرض الوقاية أو مكافحة آفات الأرض. كما أنها ترش على أوراق النباتات النامية، وفي هذه الحالة يصل جزء منها إلى الأرض مع الرياح أو المطر، أو مع البقايا النباتية المتخلفة في الأرض أو مع الأسمدة العضوية. وقد يصل

تراكم هذه المبيدات في الأرض إلى تركيزات قد تضر بنمو النباتات وإنتاجيتها، أو أن تضر الكائنات الحية النافعة الموجودة بالأرض. أو أنها تؤثر مبدئيًا على معدل إنبات البذور أو تشوهات في أجزاء النبات النامية والمحصول. كما وأن هذه المبيدات قد تتفاعل مع مكونات الأرض المعدنية والعضوية، وبذلك تؤثر على خواص الأرض الكيمائية والحيوية وبالتالي إنتاجيتها المحصولية.

ومبيدات الآفات هي مركبات كيماوية عضوية مخلقة (Synthetic) أو من أصل نباتي، وكذلك مركبات غير عضوية مثل زرنيخات الرصاص وكلوريد الزئبق. وتنقسم أغلب المبيدات العضوية إلى المجموعات التالية:

أ- **المركبات الكلورونية..** ومنها الباراثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو إيثان (D.D.T.)، والديلورين، والسيكلوداين والتوكسافين. وهي مركبات شديدة الثبات في البيئة، وتستقر في الأرض لمدد طويلة. وبالرغم من منع استخدامها منذ الستينيات من القرن الماضي، إلا أنه ما زالت تستخدم في بعض الحالات والمواقع بأسماء أخرى.

ب- **المركبات الفوسفورية..** ومنها الباراثيون والملاثيون. وهي مبيدات سهلة التحلل، إلا أن نواتج تحللها هي مواد سامة بل وأعلى سمية من المبيد الأصلي. كما قد تحللها البكتيريا إلى مواد مسببة للسرطان مثل مركبات الأنيلين.

ج- **المركبات الكرباماتية..** ومنها الكثير من مبيدات الحشائش مثل "2-4D". وهي مركبات ذات ثبات كبير في الأرض.

د- **المركبات البيروثرويدية..** ومنها السيبرمثرين، أزاديراتشين. وهي مركبات من أصل نباتي وسميتها اختيارية.

وقد ينتج عن أستخدام مبيدات الآفات بعض الأضرار، منها ما يلي:

١) تحويل بعض الآفات الزراعية الثانوية لآفات رئيسية.

٢) زيادة قدرة الآفات على تحمل تركيزات عالية من المبيدات.

٣) قتل الكثير من الكائنات النافعة للإنسان والنبات. كما حدث على وجه المثل لبعض الطيور صديقة الفلاح مثل أبو قردان والهدهد.

٤) تلوث المحاصيل وخاصة الخضر والفاكهة.

٥) زيادة نسبة متبقيات المبيدات ونواتج تحطمها التي قد تكون أشد سمية من المركب الأصلي في الأرض والهواء ومياه الصرف الزراعي.

٦) الإضرار بسياسة تصدير الحاصلات الزراعية في حالة ما إذا تجاوز مستوى متبقيات المبيدات أعلى من الحد المسموح به لدى الدول المستوردة.

٧) فقد بعض المحاصيل الثانوية، مثل ما حدث في اليابان عندما فقد الفلاح هناك العائد الاقتصادي الإضافي المتمثل في محصول الأسماك التي كان يربيها في حقول الأرز المغمورة بالماء.

٨) إكتساب بعض الآفات للمناعة من التركيزات المستخدمة مما يؤدي إلى زيادة التركيز وبالتالي زيادة التلوث، أو تغيير المبيد وإضافة مواد سمية جديدة.

وعليه أصبح تراكم المبيدات كملوثات ليس للأرض فقط، ولكنها تنتشر في كل مكان مع دورات الهواء والماء، وتنتقل آثارها إلى أماكن نائية لم تستعمل أبدًا فيها من قبل. فمثلاً وجدت آثار من مركب "D.D.T." في الجليد المغطى للقارة القطبية الجنوبية. بل ويقال أن هناك نسبة ما من هذا المبيد في جسم كل إنسان على سطح الأرض. وقد يؤدي هذا المبيد إلى أضرار جسيمة في الحيوانات فسيولوجيًا ووراثياً.

وتتوقف نسبة متبقيات المبيدات التي تتحد مع الأرض إلى حد كبير على نوع المبيد وخصائصه الكيماوية. فالمبيدات الكرباماتية والفوسفورية تتحد بنسبة أكبر من الكلورونية. كما تختلف نسبة إتحاد المبيدات مع الأرض باختلاف نوع الأرض، فهذا الاتحاد يزداد في الأراضي الطينية عن الرملية، ويؤدي تعقيم الأرض إلى تقليل نسبة هذا الاتحاد. كما تزداد نسبة اتحاد المبيدات بالأرض بزيادة محتواها الرطوبي.

ثالثاً: التلوث بالأسمدة Pollution by Fertilizers

لقد تزايد إستخدام الأسمدة خاصة المعدنية منها بغرض تعويض الأرض عما تفقده من العناصر الغذائية بإمتصاص النبات ونقص المحتوى العضوي من ناحية، وكأحد وسائل التوسع الرأسي في الإنتاج النباتي من ناحية أخرى. وتعتبر الأسمدة النيتروجينية أهم تلك الأسمدة وأوسعها إنتشاراً. والأسمدة النيتروجينية إما أمونيومية أو

نيتراتية. والأولى تتحول في الأرض بواسطة بكتيريًا ذاتية التغذية (Autotrophic) هوائية إلى نترات كذلك. وتمتص النباتات بعض النترات، أما الكثير منها فيتسرب مع مياه الري سطحيًا أو بالرشح داخل قطاع الأرض ليصل كليهما إلى المجاري المائية ليؤثرا سلبًا على مياه الشرب للإنسان والحيوان وحياة الأسماك. كما يشجع وجود النترات في الماء من نمو النباتات المائية وما لذلك من أضرار على تنفس الأسماك بسبب استهلاك تلك النباتات للأكسوجين الذائب في الماء، وكذلك إعاقة حركة الملاحة النهرية والصيد. كما أن للنترات تأثير على صحة الإنسان بوجودها في مياه الشرب. فما أن تدخل النترات إلى الجسم تختزل بفعل بكتيريا القولون إلى نيتريت الذي يمتص ليتفاعل مع هيموجلوبين الدم فيعيق من قدرته على نقل الأكسوجين مما يؤدي إلى حدوث مرض خطير يسمى "ميثوموجلوبينيميا" الذي يسبب موت الأطفال الصغار، وأيضًا نفوق كثير من الماشية. وكذلك يحدث في الأرض عندما تتعرض لظروف لاهوائية، كما في حالة الغمر بالماء أو سوء الصرف، أن يقوم بعض أنواع البكتيريا غير ذاتية التغذية (Heterotrophic) اللاهوائية باختزال النترات إلى نيتريت الذي يتفاعل مع الأمينات الناتجة من تحلل المواد العضوية ليكون مركب "النيتروز أمين" وهو من مسببات السرطان.

وهناك نشاط هام آخر لتلك البكتيريا اللاهوائية حيث تختزل النترات إلى نيتريت ثم إلى أكاسيد نيتروجينية غازية تتصاعد في طبقات الجو العليا حيث تتفاعل مع طبقة الأوزون "O_3" (التي تعتبر درعًا واقيًا من شدة حرارة الشمس وأشعتها)، مؤدية إلى تآكلها وبالتالي الإضرار بصور الحياة على الأرض، ومنها زيادة نفاذ الأشعة الفوق بنفسجية ووصولها إلى الأرض وتسببها في حدوث أمراض السرطان خاصة سرطان الجلد وضعف نمو النبات. كما يؤدي اضمحلال الأوزون إلى رفع درجة حرارة الجو. وتسمى عملية إختزال النترات إلى نيتريت ثم إلى أكاسيد نيتروجين غازية بعملية "تحرير النيتروجين Denitrification" والتي فيها تستخدم النترات والنيتريت كمصدر للأكسوجين المرتبط في الجزئ غير العضوي لأكسدة المواد العضوية بغرض الحصول على الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية لتلك البكتيريا. وتبين المعادلات التوضيحية التالية تلك التفاعلات:

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

molecular oxygen — atomic oxygen — ozone

$$NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO$$

nitrate — nitrite — nitric oxide

$$NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

nitric oxide — nitrous oxide — molecular nitrogen

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

nitric oxide — ozone — nitrite — molecular oxygen

$$N_2O + O_3 \rightarrow NO + 2O_2$$

nitrous oxide — ozone — nitric oxide — molecular oxygen

$$O_3 \xrightarrow{light} O_2 + O + heat$$

وفي هذا الصدد ينصح في حالة استخدام الأسمدة النيتروجينية أن تضاف بالمعدلات المحددة فقط لكل محصول وعدم المبالغة في الكميات. وكذلك يجب الحفاظ على المحتوى الرطوبي للأرض الذي يسمح بتوفر الظروف الهوائية لإنبات البذور وتنفس الجذور والميكروبات المفيدة. كما وأن لرطوبة الأرض دورها مع المادة العضوية، فكلما زاد الماء في الأرض عن المعدل الضروري كلما تباطئ تحلل المادة العضوية وإنتشرت النواتج الوسطية كالأحماض والفينولات وغيرها، وزادت عمليات الإختزال مما يضر بالنبات والميكروبات المفيدة والبيئية عامة. كما وأن إضافة مواد عضوية نباتية المصدر منقوصة التحلل تتسبب أيضًا في تلوث الأرض الزراعية ولو مؤقتًا بما يحتمل وجوده من بقايا مبيدات وأمراض وبذور حشائش، مع مساعدتها على إنتشار الحشرات والميكروبات المرضية، وكذلك تكون مركبات ضارة مع بدء تحللها في الأرض.

الفصــل الثانى

التلوث الكيماوى لمياه الرى

CHEMICAL POLLUTION OF IRRIGATION WATER

- أنواع ومصادر التلوث الكيماوي لمياه الري.
- التلوث الكيماوي (تعريفه وصوره).
- الأنواع والمصادر:

أولاً: الصرف الصناعى.

ثانياً: الصرف الصحى.

ثالثاً: الصرف الزراعى.

أنواع ومصادر التلوث الكيماوي لمياه الرى

TYPES AND SOURCES OF CHEMICAL POLLUTION OF IRRIGATION WATER

عادة ما يتسبب الإنسان في تلوث المياه بجميع إستخداماتها وتعدد أغراضها. وتتنوع الملوثات الكيماوية للمياه ما بين العضوية وغير العضوية.

وتعتبر مصادر الصرف الصناعي والصحي والزراعي الملوثات الرئيسية للمياه السطحية النهرية والجوفية، كما يساهم في تلوث المياه كل من صرف المناجم وغبار المصانع والمطر الحامضي. وبالنسبة لمياه الشرب فقد أخضعها الإنسان لمعاملات التنقية والتعقيم. أما مياه الري عادة ما تستخدم على حالتها الواقعية. ولكن على الإنسان أن يدرك تماماً أن مياه الري الملوثة سوف تنعكس حاليًا أو بعد حين على صحته وإقتصاده، بل وعلى البيئة التي يعيش فيها عامة. فتلوث مياه الري سينتقل حتماً إلى النبات ومنه إلى الحيوان ومنهما معا إلى البشر. كما أن تلوث مياه الري يلعب دوراً متبادلاً من خلال البخر والتساقط مع تلوث الهواء الذي تستنشقه الكائنات الحية.

ويختلف نوع تلوث مياه الري ومعدله تبعًا للمصدر ونظام صرف نفاياته وبعده عن المجرى المائي. فمن تلك الملوثات الكيماوية ما هو شديد الخطورة أو أقل خطورة أو قليلها. ولا تقتصر خطورة الملوثات الكيماوية على كميتها المتاحة للإستخدام بل تعتمد كذلك على نوعية تلك الملوثات وهي كما يلي (عن: FAO, 1994):

- ملوثات عضوية تستهلك كميات كبيرة من الأكسوجين لتحللها.
- مواد تحتوى على نسبة عالية من النترات والفوسفات.

- مواد سامة مثل المبيدات والمعادن الثقيلة والمواد البترولية.
- مواد صلبة مترسبة.
- مواد مشعة.
- كائنات حية ممرضة (سيأتي ذكرها في الباب الثالث).

هذا ويرتبط بتلوث المياه نمو وإنتشار النباتات المائية كنبات ورد النيل (الياسنت) والطحالب التي تسبب إنخفاض تركيز الأكسوجين في الماء نتيجة لتنفسها وزيادة كل من المحتوى العضوي من ناحية والأملاح الذائبة بسبب النتح والبخر من ناحية أخرى. وتستخدم قياسات معدل استهلاك الأكسوجين في المياه بتقدير معدل كل من الأكسوجين المستهلك كيماويًا وبيولوجيا...

"Oxygen Demands: Chemically (COD) & Biologically (BOD)"

وتتعدد مصادر التلوث الكيماوي لمياه الري، والتي نسردها في الفقرات التالية:

عادة لا توجد العناصر الثقيلة في صورة ذائبة لمدة طويلة في الماء، ولكنها تتواجد في صورة معلقات غروية (Colloids) أو تثبت في مادة معدنية أو عضوية. ولهذا فإن تركيزات المعادن في رواسب في قاع المجاري المائية أو في العوالق الحية "Planktons" يعتبر كدليل ومؤشر كافي على تلوث المياه. وقد أظهرت بعض الدراسات أن رواسب قاع المجري المائي تعتبر أكبر مستقبل "Sink" للعناصر الثقيلة التي تلقي في البيئة المائية.

وقد اتضح من دراسة استخدم فيها نبات ورد النيل ثبوت كفاءته كمؤشر حيوي على تلوث المياه ببعض المعادن الثقيلة في ترعة الإسماعيلية بمصر (عن: ممدوح عبد الصبور "١٩٩٢"). ويبين جدول رقم "٣" جانباً من هذه الدراسة.

ويكون للعناصر التي تكون مركبات سهلة التطاير مثل البروم واليود أعلى تركيز لها في المياه السطحية، حيث تتبخر وفقا لظروف المناخ فوق سطح الماء.

جدول رقم (٣): متوسط تركيزات بعض العناصر الثقيلة في عينات مأخوذة من ترعة الإسماعيلية.

العنصر	ماء	رواسب	ورد النيل
	ميكروجرام/ لتر)	(ميكروجرام/ جرام)	
كادميوم	%٥٠	٤,٠٠	٠٣٠
كوبلت	٥,٧٠	١٥,٤٠	١,٨٠
كروميوم	٤,٣٠	٩٠,٤٠	٨,٣٠
نحاس	٣,١٠	٦٢,٤٠	٢٠,٥٠
رصاص	٣,٩٠	١٣٩,٤٠	٦,٨٠
زنك	٥,١٠	١٠٥,٠٣	٣٥,٨٠

أولاً: الصرف الصناعي Industerial Drainage

تعتمد الزراعة المصرية على مياه النيل كمصدر وحيد لري أراضي الوادي والدلتا. وتتعرض مياه النيل في المجري الرئيس وفروعه وقنواته للتلوث الكيماوي أساسًا من المصادر الصناعية التي تختلف كثافتها وطبيعتها من مكان لآخر. وتحتل مدينتي القاهرة والإسكندرية الصدارة في هذا الشأن من حيث كمية ونوع الملوثات من معادن ثقيلة وزيوت وشحوم ومواد بترولية. أما الوجه القبلي فترتفع فيه نسبة المواد الذائبة المعتمدة على صناعة السكر.

وفي تقرير لجنة تسيير برنامج مكافحة التلوث الصناعي في الوطن العربي، المقدم من الإدارة العامة للشئون الإقتصادية بجامعة الدول العربية (عام ١٩٩٢)، وردت بيانات التلوث الكيماوي من مصادره الصناعية بمصر كما يظهر بالجدولين رقمي " ٤، ٥".

وقد قدر إجمالي كميات مياه الصرف الصناعي بحوالي ٨٠٠ مليون متر مكعب سنويًا، ويلقي منها النصف أي ٤٠٠م^3 في النيل وفروعه، والباقي في المصارف الزراعية (٢٥%) والآبار الجوفية (١٠%) وشبكات صرف المدن (١٢,٥%) والبحار والبحيرات (٢,٥%).

جدول رقم (٤): كميات الملوثات التي تصرف من قطاع الصناعة بالأقاليم المصرية.

الإقليم	مواد عضوية	استهلاك الأكسوجين في الماء	زيوت وشحوم	مواد عالقة	مواد ذائبة	معادن ثقيلة
		(COD*)	(طن/ يوم)			
القاهرة	٧١	١٢٠	٩٣	٩٧	١٣٥	٠,٧٥
الإسكندرية	٩١	١٨٦	٤٤	٤٠	٢٤٦	٠,١٤
الوجه البحري	٣٤	٤١	٢٤	٨٦	٢٢٤	٠,٥٠
الوجه القبلي	٧٢	٢٤	٥	٦٨	٥٣٢	٠,٢٠
القناه	٢	٢	١,٤	٥	١٤,٦	٠,٠٣
إجمالي	٢٧٠	٣٩٤	١٦٨	٢٩٦	١١٥١	١,٦٢

* الأكسوجين المستهلك كيماوياً (جزء فى المليون).

جدول رقم (٥): كميات مياه الصرف الصناعي في المصبات المختلفة.

مواقع الصرف	كميات المياه بالمليون (م٣/سنة)	النسبة من الإجمالي (%)
النيل والترع	٤٠٠	٥٠
المصارف الزراعية	٢٠٠	٢٥
الآبار الجوفية	٨٠	١٠
البحار	٢٠	٢,٥
شبكات المدن	١٠٠	١٢,٥
إجمالي	٨٠٠	١٠٠

ثانياً: الصرف الصحي Sanitary Drainage

تتكون مياه الصرف الصحي أساسًا من بقايا الإنسان الصلبة والسائلة ومخلفات استخداماته اليومية. وتصل هذه المياه إلى المجاري المائية إما بعد تنقيتها وتعقيمها في المحطات المخصصة في المدن أو قبل ذلك بطريقة جزئية أو حتى بدون. وهي بذلك تؤدي في النهاية إلى تلوث مياه الري بدرجات مختلفة.

وتشترك مياه الصرف الصحي مع مياه الصرف الصناعي كثيرًا في محطات معالجة المجاري، وبذلك نجد أن مياه المجاري تحتوى على العديد من الملوثات الصناعية. وعادة ما تحتوى مياه الصرف الصحي المنزلي على نفايات الإنسان والمطابخ والمنظفات وغيرها.

ويعتمد تأثير مياه الصرف الصحي على معدلاتها ومكونتها، وعدد سكان المدينة وطبيعة الأنشطة البشرية بها، وكذلك على حجم المجري المائي التي يتم الصرف فيه وسرعة جريان المياه به. فشدة التلوث تقل كلما قل عدد سكان المدينة وأنشطتهم، وكذلك إذا ما أتسع المجرى المائي التي تصرف فيه مياه الصرف أو زيادة سرعة تيار المياه به. ومن الضروري ألا تزيد كميات مياه الصرف الصحي (ومعظمها عضوي) التي تصرف في المجاري المائية عن الحدود التي لا تسمح بوجود قدر كاف من الأكسوجين الذائب في الماء الذي تستخدمه الميكروبات في تحلل المواد والمركبات العضوية الموجودة بمياه المجاري. وبذلك يفضل ألا تزيد نسبة مياه الصرف الصحي غير المعالجة التي تلقي في مياه النيل عن ١: ٧٠، وتنخفض هذه النسبة إلى ١: ٤٠ للمياه المعالجة.

وتبلغ كمية مياه المجاري في مصر سنوياً حوالي ٤١٠٠ مليون متر مكعب. وعادة ما ينتج عن الإنسان المصري من مياه الصرف الصحي حوالي ١٨٠ لتر يومياً. وتحتوى مياه المجاري الآدمية على مواد عضوية وأخرى غير عضوية. وتتكون المواد العضوية من ٤٠% مواد نيتروجينية، ٥٠% مواد كربوهيدارتية. أما المواد الغير عضوية فهي الكلوريدات والنيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم وبعض أملاح المعادن. ويبين جدول رقم "٦" مكونات مياه المجاري البشرية (عن: ممدوح عبد الصبور"٢٠٠٠").

جدول رقم (٦): مكونات مياه المجاري البشرية.

المكونات	مواد غير عضوية	مواد عضوية	مجموع المواد الصلبة	الأكسوجين المستهلك حيوياً (BOD*)
	(جرام / شخص/ يوم)			
المواد الصلبة الكلية	١٠٥	١٤٥	٢٥٠	٥٤
مواد عالقة كلية	٢٥	٦٥	٩٠	٤٢
مواد ذائبة	٨٠	٨٠	١٦٠	١٢

* جزء فى المليون.

ثالثاً: الصرف الزراعي Agricultural Drainage

تعتبر مياه الصرف الزراعي تلك التي تنتقل إلى المجاري المائية (النهر وفروعه والترع) بحركة مياه الري سطحيًا وجوفيًا، أو بخلط مياه المصارف الزراعية مع المياه النهرية لأغراض الري. وتتعدد مصادر تلوث مياه الصرف الزراعي من الأسمدة المعدنية والعضوية، ومبيدات الآفات، والتساقط من الجو بواسطة الرياح والأمطار. فعادة ما تحتوى الأسمدة الكيماوية على عناصر ثقيلة مختلفة ولو بكميات صغيرة. بل وأن بعض مركبات تلك الأسمدة الغير عضوية خاصة النيتروجينية تؤدي تفاعلاتها في الأرض إلى تكوين مركبات ضارة كالنيتريت وغازات النيتروجين التي تظهر مع إرتفاع المحتوى الرطوبي في الأرض الذي يتكون معه كذلك غاز كبريتيد الهيدروجين، وقد سبق لنا الحديث في ذلك. أما الأسمدة العضوية فيظهر تأثيرها الضار في حالتين، أولهما إذا أضيفت غير ناضجة التحلل، أو أنها تعرضت لظروف لاهوائية بالأرض حيث تتراكم حينئذ مركبات وسطية ضارة بسبب عدم تمام التحلل. وهذه المركبات قد تجد طريقها إلى مياه الصرف الزراعي.

أما التلوث بمبيدات الآفات فيكون عن طريق وصول مركباتها التي تضاف مباشرة للأرض، كالمبيدات النيماتودية وبعض مبيدات الحشرات والحشائش، أو بتساقط بعض المبيدات الميكروبية المسببة لأمراض النبات التي ترش على الأوراق،

وكذلك بتساقط المبيدات التي ترش من الطائرات. كما تحتوى الأسمدة العضوية نباتية المصدر لبقايا مبيدات مختلفة. ولا يقتصر التلوث بالمبيدات على تركيبها الأصلي بل أيضاً على نواتج تحللها التي قد تكون أكثر سمية.

وتحتوى مياه الصرف الزراعي أيضا على ملوثات وصلت مع مياه الري المحتوية على ملوثات من مصادر مختلفة. وتلعب المعاملات الزراعية دورًا في مدى حدة تلوث مياه الصرف الزراعي مثل زيادة كميات مياه الري وقرب فتراته مع ضعف حالة الصرف، مما يتسبب في حدوث التلوث الناتج عن الظروف اللاهوائية. وبالإضافة إلى ذلك يأتي التسميد الكيماوي الغزير، والمبالغة في إستخدام مبيدات الآفات، والتسميد بأسمدة عضوية غير ناضجة أو ملوثة من مصادر نباتية أو حيوانية.

الفصل الثالث

التلوث الكيماوي وتأثيره على نمو النبات وصحة الإنسان

CHEMICAL POLLUTION AFFECTING PLANT GROWTH AND HUMAN HEALTH

- التلوث الكيماوي ونمو النبات.
- التلوث الكيماوي وصحة الإنسان.

التلوث الكيماوي ونمو النبات

Chemical Pollution and Plant Growth

تصل الملوثات الكيماوية إلى النباتات من الأرض والماء والهواء. فالنباتات تمتص العناصر الثقيلة في صورتها الذائبة (وهي عادة بنسبة محدودة من المحتوى الكلي) من الأرض ومياه الري وكذلك من الصورة المدمصة على سطوح الطين أو المرتبطة ببعض عوالق المياه. كما تصل تلك العناصر إلى النباتات من الهواء بالترسيب من غبار المصانع أو بالتساقط مع ماء المطر على أوراق النباتات. وبرغم أن كثيرًا من العناصر الدقيقة تعتبر ضمن المغذيات الصغرى للنباتات، إلا أن زيادة كمية تلك العناصر عن الحدود المتطلبة للنبات تتسبب في أضرار تؤثر على نمو النبات وكمية ونوع المحصول. وتختلف النباتات من حيث نوعها ومرحلة نموها في إحتياجاتها من تلك العناصر وحدودها القصوى الممكن تحملها. كما تلعب خواص الأرض الفيزيائية والكيماوية والحيوية أدوارا هامة في مدى صلاحية العناصر الثقيلة للإمتصاص النباتي، فمثلاً ارتفاع نسبة كل من الطين والرطوبة والمحتوى العضوي وإنخفاض رقم التفاعل (pH) تزيد من معدل حركة الكثير من العناصر الثقيلة. هذا وهناك عدد من العناصر الثقيلة يؤدي وجودها في البيئة النباتية ولو بتركيزات شديدة الانخفاض إلى الإضرار الشديد بالنبات بل قد تكون سامة. كما أن هناك بعض النباتات تحتمل تراكم عناصر ثقيلة معينة في بعض أنسجتها دون أن تؤثر بشدة على نموها. وفي جميع الأحوال يصل تأثير العناصر الثقيلة بالنبات إلى الإنسان والحيوان بالتغذية، وبالتالي مالم يؤثر عنصر ما على النبات فقد يؤثر على كائنات حية أخرى. وتشترك الظروف البيئية عامة والمناخ خاصة (الحرارة والرطوبة) في تأثير العناصر الثقيلة على النباتات وصور الحياة الأخرى، حيث يقل هذا التأثير في المناطق الباردة الرطبة ويزداد في المناطق المعتدلة والحارة والجافة أو الشبه جافة.

وتمتص العناصر بواسطة جذور النبات بالميكانيكيات التالية:

١) التبادل الكاتيوني مع الجذور.

٢) الانتقال داخل الخلايا بواسطة مركبات مخلبية (Chelating Compounds - Catcholates) أو حوامل معينة، أو أحماض عضوية (خاصة المتعددة الكربوكسيل) مثل الستريك والأوكساليك والماليك وغيرهم.

٣) تأثيرات منطقة الجذور (Rhizosphere) من أنشطة ميكروبية وبيوكيماوية، حيث تفرز بعض بكتيريا منطقة الجذور (Rhizobacteria) مركبات ذات إمكانية مخلبية يطلق عليها "Siderophores" وهي ذات وزن جزئي منخفض، ومنها " Alcaligin, Pyochelin & Pyoverdine" وتفرزها أنواع من جنس بكتيريا *Pseudomonas*. كما تفعل ذلك أيضاً بعض الفطريات والاكتيينوميسبتس.

وتختلف قدرة النباتات فيما بينها على إمتصاص العناصر الثقيلة، وكذلك تبعًا لطبيعة العنصر نفسه. فمثلاً تمتص عناصر البروم والبريليوم والسيزيوم بسهولة، بينما تقل هذه السهولة بالنسبة للباريوم والتيتانيوم والسيلينيوم والحديد إلى حد ما. هذا وبجانب الجذور تلعب أوراق النبات دورًا هاما في امتصاص العناصر الثقيلة التي تضاف رشاً (Foliar) كأسمدة العناصر الغذائية الصغرى، أو ما يتساقط عليها من غبار أو أمطار.

وتدخل بعض العناصر الثقيلة مثل النحاس والحديد والمنجنيز والزنك في المجموعات المرافقة للإنزيمات في عملها البيوكيماوي. كما أثبتت بعض الدراسات أن عناصر الألومينيوم والنحاس والكوبلت والمنجنيز والزنك تعمل على حماية النباتات من التجمد والجفاف الشديد. وتؤدي التركيزات المرتفعة في النبات إلى إعاقة حركة المغذيات فيما بين الخلايا والتنافس مع المغذيات الرئيسية في عمليات البناء الخلوي. وبالتالي إعاقة نمو النبات. ويختص علم فسيولوجيا النبات بتفاعلات العناصر المعدنية المختلفة فى أعضاء وأنسجة النبات.

كما وأن الكثير من العناصر الثقيلة لدى وجودها في الأرض بتركيزات أعلى من المسموح به (جدول رقم "١") تعيق امتصاص عناصر غذائية هامة للنبات خاصة تلك متعددة التكافؤ كالفوسفور والكالسيوم والمغنسيوم، وذلك بتكوين معقدات معدنية غير ذائبة.

وتعتبر مبيدات الآفات، سواء المضافة منها إلى الأرض أو المرشوشة على النباتات، من أهم مصادر تلوث النباتات بالعناصر الثقيلة. وتعتمد شدة التلوث على نوع النبات وطبيعة نموه، فالنجيليات ذات قدرة قليلة على إمتصاص وتراكم المبيدات، أما محاصيل الألياف فذات قدرة متوسطة، والورقية والجذرية ذات قدرة عالية. كما أنه كلما زادت معدلات النتح من النبات كلما زاد امتصاص المبيدات. وتعتبر المحاصيل الورقية أكثر امتصاصاً للمبيدات نسبياً عن تلك الثمرية والبذرية.

ولا يتوقف تأثير المبيد على تركيبه الأصلي فقط بل أن نواتج تفاعلاته في النبات قد تكون أكثر سمية. وتؤدي أضرار المبيدات إلى تحور الأوراق وجفافها أو حرقها وسقوطها. كما تحدث خللاً في النظام الإنزيمي داخل أنسجة النبات وبالتالي توقف عمليات التمثيل الغذائي ثم موت النبات. وكذلك فإن نوع المبيد وتركيزه وطريقة ومعدل إضافته ذوي شأن رئيسي في مدى شدة إحداثة للتلوث. فالمبيدات التي تذوب في الماء تمتص أكثر من غيرها، والتي تضاف إلى الأرض بالتكبيش قرب الجذور أعلى امتصاصاً من التي تحرث مع الأرض، وهكذا مع الطرق الأخرى.

ويشترك في تحديد قدرة امتصاص النبات للمبيد وتراكمه في أنسجته كل من خواص الأرض والمعاملات الزراعية. فالأرض ثقيلة القوام والغنية في المادة العضوية تحد من معدل امتصاص المبيد وطول مدة بقاؤه في الأرض وذلك بسبب إمكانية إدمصاصه على سطوح الطين أو تفاعلاته مع محتويات الأرض المعدنية والعضوية.

وبالنسبة للمعاملات الزراعية، نجد أنه كلما زادت التهوية في الأرض بواسطة الحرث أو قلة الرطوبة يقل معدل إمتصاص المبيد. وكلما زادت الرطوبة عن السعة الحقلية كلما زاد فقد المبيد بالرشح. وبالرغم من أن حفظ رطوبة الأرض عند السعة الحقلية يناسب امتصاص المبيد، إلا أنها تناسب كذلك نشاط العديد من الميكروبات ذات القدرة على تحلل المبيد من جهة أخرى.

كما أنه كلما اشتد نمو النبات بالمعاملات السمادية كلما زاد امتصاص المبيد من ناحية، أو زاد ذوبانه بفعل ما تسببه تلك الأسمدة من حموضة فيزداد فقده بالرشح من ناحية أخرى.

وتختلف النباتات فيما بينها في مواقع تراكم المبيدات بها، فمنها ما يحدث به التراكم في الأوراق والسوق أو الجذور، ومنها ما يتراكم المبيد به في الدرنات الأرضية أو الثمار أو البذور، وبالتالي يؤثر تلوث النبات على الإنسان والحيوان تبعًا لاستهلاكه لتلك الأجزاء النباتية.

التلوث الكيماوي وصحة الإنسان

Chemical Pollution and Human Health

يتعرض الإنسان في حياته للتلوث الكيماوي في صورة معادن ثقيلة أو مركبات غير عضوية وعضوية ضارة من مصادر متباينة.. من الهواء الذي يستنشقه والماء الذي يشربه والطعام الذي يأكله، هذا بجانب ما يمكن أن يتعرض له من إشعاعات ضارة. وهذا كله أو بعضه يمكن أن يسبب له مشاكل صحية وأمراض عضوية مختلفة. وتبين الجداول أرقام "٧، ٨، ٩" معدلات تواجد العناصر الثقيلة في الهواء والماء (عن: ممدوح عبد الصبور"٢٠٠٠").

جدول رقم (٧): ملوثات الهواء.

الملوث	التركيز المسموح به (ملجم / م^3)	
	متوسط اليوم	لحظياً
الأتربة	٠,١٥	٠,٥٠
ثاني أكسيد الكربون	٠,١٥	٠,٥٠
أول أكسيد الكربون	٢,٠٠	٦,٠٠
أكاسيد النيتروجين	٠,١٣	٠,٤٠
غاز الكلور	٠,٠٢	٠,٦٠
الرصاص	٠,١٥	٠,٥٠
الزئبق	٠,٠١	١,٠٣

جدول رقم (٨): أشهر المبيدات الملوثة للهواء.

الاسم التجاري للمبيد	الجرعة الفعالة / م٣
ألدرين	٤-٥ جرام
B.H.C	٤-٥ جرام
D.B.C.P	٥-١٠ جرام
D.D.T	٦-٩ جرام
هبتاكلور	٥-١٠ جرام
كيبون	٥-١٠ جرام
براثيون	عدة نقط
براكريت	٥-١٠ جرام
يدتروفين	٢٣٥ سم٣
توكسافين	٥-٦ جرام
٢، ٤، ٥ – ت	٢٨ جرام

جدول رقم (٩): تركيزات المعادن الثقيلة في مياه نهر النيل وفروعه.

الموقع	المعادن الثقيلة	زئبق	رصاص	كادميوم	كروم	نحاس	نيكل
	التركيز (ملليجرام/ لتر)						
القاهرة	٣٧٤,٥٧	٥,٢٧	٧٣,٥٢	٦٣,٩٦	٣٨,٠٨	١٨٨,٠٨	٥,٦٥
الإسكندرية	٧,٩٥	–	٠,٨١	٠,٨٢	٣,٨٠	١,٠٢	١,٥٠
الوجه البحري	٢١,٠٢	٠,٢٤	١٢,٥٢	١,٠١	٠,٣٥	٦,٩	–
الوجه القبلي	١٠٨٣,٠٠	١٥,٠٠	٢٤١,٠٠	٦٤,٠٠	١١٠,٠٠	٦٥٣,٠٠	–
مدن القناة	٠,٧٤	٠,٠١	٠,٣٠	٠,٠٣	٠,١٠	٠,٣٠	–

وتصل الملوثات الكيماوية الغير عضوية والعضوية إلى رئة الإنسان ومعدته من هواء وماء وغذاء ملوثين بتلك المركبات وتسبب هذه الملوثات، إذا ما تجاوزت الحدود الآمنة، حدوث العديد من الأمراض العضوية، التي قد يكون منها ما يمكن أو ما لا يمكن علاجه أو مميتًا. وبجانب هذه الأمراض فإن هذه الملوثات تتسبب بطريق غير مباشر في ضعف مناعة جسم الإنسان ومقاومته للأمراض الميكروبية. ويبين جدول رقم "١٠" بعضًا مما تسببه أهم العناصر الثقيلة الملوثة من أمراض (عن: ممدوح عبد الصبور "٢٠٠٠").

جدول رقم (١٠): أعراض مرضية تسببها بعض المعادن الثقيلة في الإنسان.

أعراض مرضية	Pb	Hg	Cd	As	Zn	Cu	Cr	Ni
سرطان	√			√			√	√
تليف الكبد	√	√	√			√		
إلتهاب كلوي	√	√						
آلام البطن	√	√		√				
أنيميا	√	√		√	√			
صداع	√	√	√	√				
قيئ وغثيان	√	√	√	√		√		√
تعب	√	√		√				
لين عظام			√					

الفصل الرابع

التحكم في التلوث الكيماوي للأراضي الزراعية ومياه الري

CONTROL OF CHEMICAL POLLUTION OF AGRICULTURAL SOILS AND IRRIGATION WATER

- الوقاية من التلوث الكيماوي.
- معالجة التلوث الكيماوي.

ترتبط الأرض الزراعية ومياه الري بعضهما ببعض وذلك فيما يختص بمصادر التلوث المختلفة ونوعه، وعليه سيكون عرضنا في هذا الفصل منطبقًا على كليهما معاً.

ويعني التحكم في التلوث "**الوقاية والعلاج**". فالوقاية هي تفادي الضرر قبل وقوعه، أما العلاج فهو التخلص من الضرر أو الحد من شدته لدى حدوثه أو بدء ظهور أعراضه. وفي الفصول السابقة إستعرضنا مصادر التلوث الكيماوي وأنواعه وأضراره في حالة تجاوز معدلاته المسموح بها.

وسنعرض في هذا الفصل طرق الوقاية والعلاج للتلوث الكيماوي (غير عضوي وعضوي) للأراضي الزراعية ومياه الري.

الوقاية من التلوث الكيماوي

Protection From Chemical Pollution

في البداية نذكر قولاً لأمنحتب الطبيب المصري القديم عندما سؤل عن كيفية المحافظة على صحة الإنسان وسلامة جسده.. فقال "**نقاء ماء النيل للشرب والإستحمام**". **وكذلك ورد في برديات حكماء المصريين القدماء أن الإنسان لدى محاسبته أمام قضاة الحياة الثانية عن أعماله في حياته الأولى "سوف يقسم على عدم قيامه بتلويث مياه النيل"**. فالماء بجانب إستخدامه للشرب وري النبات هو أساس الغذاء والحياة عامة لجميع الكائنات الحية. وقد صدق الله تعالى في قرآنه الكريم بقوله "**وجعلنا من الماء كل شيء حي**". ولعل أهم مصادر التلوث الكيماوي للماء هي الهواء والأمطار والأنهار والقنوات كما سبق إيضاح ذلك. ويصل تلوث الماء إلى الأرض فالنبات ومنه إلى الحيوان والإنسان.

وفيما يلي بعض الضوابط للوقاية من التلوث الكيماوي:

١) التحكم في التلوث الصناعي بإستخدام الفلاتر للأدخنة والغازات والغبار، والمرشحات والمرسبات للعوادم السائلة. وكذلك إبعاد الأنشطة الصناعية عن المجاري المائية والزراعات والمناطق السكنية، وبأن تنشأ توسعاتها عكس أتجاه الرياح.

٢) وضع قيود صارمة لكل من الصرف الصناعي والزراعي والصحي إلى المجاري المائية.

٣) مقاومة النباتات المائية والطحالب بكفاءة وانتظام، وتفضل الطرق الميكانيكية لجمعها، حيث يمكن حينئذ إستخدامها لتحضير السماد البلدي الاصطناعي "Compost".

٤) العمل على كفاءة عمل المصارف الزراعية ومتابعة تنظيفها وإنتظام سريان الماء إليها وفيها.

٥) وضع معايير محددة لإستخدام مياه الصرف في الري سواء المباشر أو بالخلط مع ماء النهر.

٦) الإلتزام بقياسات مياه الصرف الصحي المعالجة لاستخدامها في الري تبعاً لما يبينه جدول رقم "١١" (عن: ممدوح عبد الصبور "٢٠٠٠").

٧) تشجيع وتوفير وسائل تطبيق "**الزراعية العضوية**" "**Organic Farming**" خاصة في الأراضي الجديدة.

٨) ترشيد استخدام مبيدات الآفات، واللجوء إلى استخدام نباتية المصدر منها (البيروثرويدية).

جدول رقم (١١): مواصفات مياه المجاري الصالحة للري*.

المكون	الحد الأقصى المسموح به	المكون	الحد الأقصى المسموح به
الأكسوجين الحيوي "BOD"	١٠ ملجم/ لتر	كلور	٢٨٠ ملجم/ لتر
المواد الصلبة	١٠ ملجم / لتر	فلور	٢ ملجم/لتر
الرقم الهيدروجيني pH	٦-٨	سيانيد	٠,٠٥ ملجم/لتر
الزيت والنفط	-	ليثيوم	٠,٠٧ ملجم/لتر
العكارة	١%	منجنيز	٠,٢٠ ملجم/لتر
بكتيريا القولون	٥٠ مستعمرة/مل	زئبق	٠,٠٠١ ملجم/لتر
ألومينيوم	٥ملجم/لتر	موليبدنم	٠,٠١ ملجم/لتر
زرنيخ	٠,١٠ ملجم/لتر	نيكل	٠,٠٢ملجم/لتر
بيريليوم	٠,١٠ ملجم/لتر	نيتريت	١٠ ملجم/لتر
بورون	٠,٥٠ملجم/لتر	سيلينيوم	٠,٠٢ملجم/لتر
كادميوم	٠,١٠ ملجم/لتر	فانديم	٠,١٠ ملجم/لتر
كوبلت	٠,٠٥ ملجم /لتر	زنك	٠,٤ ملجم/لتر
نحاس	٠,٤٠ملجم/لتر	فينول	٠,٠٠١ملجم/لتر
رصاص	٠,١٠ ملجم/لتر		

* يرتبط بالمواصفات الواردة عالية بعض العوامل الخاصة بالأرض التي ستروى بمياه المجاري المعالجة وهي: المحتوى الكلي الأساسي للأرض من المعادن الثقيلة، والكميات الكلية من كل عنصر مضاف بالنسبة للعناصر الأخرى، والحمل التراكمي للعناصر الثقيلة في الأرض بمراعاة الحدود القصوى لكل عنصر، ومدى احتمال النباتات لذلك، مع اعتبار خواص الأرض ونوع النبات المنزرع ومرحلة نموه (كما سبق الذكر).

٩) الإتجاه إلى "**المقاومة الحيوية Biological Control**" بإستخدام الكائنات الدقيقة في مكافحة الآفات المختلفة. وكذلك إستنباط وزراعة أصناف نباتية مقاومة الآفات والأمراض والعناصر الثقيلة من خلال تقنيات التهجين والهندسة الوراثية. كما يفيد في ذلك دور المعاملات الزراعية فيما يتعلق بمعدلات التسميد ونوعه والمقننات المائية للمحاصيل. ومن قبل ذلك جودة إعداد الأرض للزراعة "Tillage" بالحرث العميق وتحسين الصرف والاهتمام بنوعية مياه الرى.

١٠) الاهتمام بزيادة المساحات الخضراء داخل المدن وإقامة أحزمة خضراء حولها، وكذلك زراعة أشجار مصدات الرياح في المناطق المعرضة. وهذا بغرض تنقية الهواء والأمطار.

١١) التوعية المجتمعية بأضرار التلوث الكيماوي من مصادره المختلفة، وذلك من خلال وسائل الإعلام المختلفة.

١٢) وضع التشريعات الحازمة والملزمة للحفاظ على البيئة من التلوث، ومتابعة تطبيقها عن طريق نشر محطات ومواقع الكشف عن التلوث ومراقبته. ودق ناقوس الخطر في حالة تجاوزه الحدود الآمنة، وذلك بتوجيه وإنذار الجهة المسببة وعقابها عند اللزوم أو إيقاف نشاطها.

معالجة التلوث الكيماوي

Remediation of Chemical Pollution

بخلاف ما ورد من وسائل الوقاية من التلوث الكيماوي والحد من حدوثه، فإن طرق التحكم في آثاره من الناحية الفيزيوكيماوية تنحصر في الترسيب في المياه، والغسيل للملوثات الكيماوية الذائبة أو التثبيت بأتحادها مع الفوسفات أو أكسيد الحديدوز (FeO) أو غيرهما في الأراضي. ونظرًا لتعقيد مركبات العناصر الثقيلة وصعوبة ذوبانها وإمتداد ثباتها لفترات زمنية طويلة في الأراضي يجعل تلك الطرق مكلفة وطويلة المدى وغير عملية في بعض الحالات. كما قد ينتج عنها أضراراً جانبية محتملة كتكوين مركبات أخرى أكثر ضرراً للكائنات الحية المختلفة. وهذا يقودنا إلى ضرورة استخدام طرق التحكم الحيوية، وهي نوعان "**المعالجة بالنباتات** "Phytoremediation" و"**المعالجة الحيوية** Bioremediation". وسنتعرض لهاتين الطريقتين في الصفحات التالية.

أولاً: معالجة التلوث بالنباتات "Phytoremediation of Pollution"

تعرف معالجة التلوث الكيماوي من خلال النباتات (المعالجة النباتية) بأنها إستخدام النباتات لإزالة أو لتدمير المواد الضارة أو الحد من آثارها في البيئة. وتأخذ هذه الطريقة عدة صور لإزالة المعادن والمركبات غير العضوية أو تقليل تركيزها إلى الحد المسموح به، مثل "**الاستخلاص النباتي**" "Phytoextraction" وهو عبارة عن امتصاص تلك المعادن وتركيزها في جذور وسيقان النبات، "**والترشيح الجذري** "Rhizofiltration" وهو إستخدام جذور النباتات لإزالة المعادن من المحلول الأرضي، **والثبات النباتي** Phytostabilization" وهو استخدام النباتات لتقليل أو للحد من إنتشار المعادن في الأرض، و"**التطاير النباتي** Phytovolatilization" وهو امتصاص النباتات للمواد المتطايرة في الجو (مثل مركبات الزئبق والأرسينيك).

وتأخذ المعالجة النباتية بالنسبة للمركبات العضوية طريقتي "**الثبات النباتي** Phytostabilization" "**والتنشيط النباتي** Phytostimulation" وذلك بتنشيط تحلل تلك

المركبات بواسطة الميكروبات في "**منطقة الجذور** (**Rhizosphere**)، أو بواسطة "**التحول النباتي** **Phytotransformation**" بامتصاص تلك الملوثات وتحللها بواسطة النباتات نفسها. ويرجع تميز منطقة جذور النباتات في هذه العملية إلى إمكانية بعض الميكروبات في هذه المنطقة على إنتاج مواد ذات طبيعة مخلبية "Chelators" ولها وزن جزيئي منخفض، وتعرف باسم "Siderophores" وأحماض عضوية متعددة الكربوكسيل، كما سبق بيان ذلك.

وتعرف النباتات التي لها القدرة الطبيعية على تراكم كميات كبيرة من المعادن (واحد أو أكثر) بأنها **مراكمات المعادن** "**Metal Hyperaccumulators**"، حيث تنمو عادة في المناطق ذات التركيزات العالية من المعادن في الأرض. وذلك قد لا يمنع من تأثر تلك النباتات أحياناً بالتركيزات المرتفعة لبعض المعادن تبعاً لنوع المعدن وخواص الأرض وطبيعة المناخ والمعاملات الزراعية ونوع النبات وطبيعة جذوره (فعادة ما يكون معدل تراكم العناصر الثقيلة أعلى في الجذور عن باقي أجزاء النبات). هذا وعادة ما تستغرق هذه الطريقة وقتاً طويلاً للوصول إلى نتيجة مرضية بالنسبة للتخلص تماماً من المعدن المعين أو تخفيض تركيزه إلى حد مقبول في الأرض. وبذلك يكون عامل الوقت (Time Frame) ذو اعتبار هام في هذا الشأن، وذلك لبطئ عملية المعالجة بهذه الطريقة. ومن أشهر هذه النباتات قمح، ذرة، الذرة الرفيعة، شعير، شوفان، عباد الشمس، خس، جزر، فجل، سبانخ، كرنب، بسلة، فول، برسيم حجازي، دنيبه، حشيشة السودان، بوص، وغيرها. وعادة تجمع هذه النباتات بعد فترة وتحرق ثم يستخلص من رمادها المعادن التي سبق وإمتصتها، ولذا يفضل استخدام النباتات غير الاقتصادية في هذا الشأن.

وقد أظهرت الدراسات أن بعض أصناف النباتات الراقية، وخاصة تلك ذات الغلقة الواحدة "Monocotyledon" لها قدرة تحمل (Tolerance) أكبر من ذات الغلقتين "Dicotyledon" للعناصر الثقيلة. وقد وجد أن النباتات التي تتحمل تركيزات عالية من الملوثات المعدنية في الأرض تتبع العائلات التالية:

Cruciferae, Caryophyllaccae, Cyperenceae, Gramineae, Legaminosae and Chenopodiaccae.

ويبين جدول رقم "١٢" بعض النباتات ذات قدرة الإمتصاص العالية للمعادن الثقيلة (عن: ممدوح عبد الصبور"٢٠٠٠").

جدول رقم (١٢): أنواع بعض النباتات التي تتحمل تركيزات مرتفعة من العناصر الثقيلة.

العنصر	النسبة (%)	نوع النبات
نيكل	أكثر من ١٠	*Alyssum bertolonii*
زنك		*Thaspi calaminare*
كروم	١-٣	*Pimelen suteri*
كوبلت		*Crotalaria cobaltica*
نيكل		*Alyssum bertolonii*
سيلينيوم		*Alstragolus racemosus*
سترانشيوم		*Arabis stricta*
يورانيوم		*Uncinia lepostachya*
		Coprosma arobrea
نحاس	٠,٠١-٠,١	*Becium homblei*
زئبق		*Ebtala papyrifera*
زنك		*Egaisetam arvense*

وهناك أنواع مختلفة من النباتات ذات فعالية في تحلل الجزيئات العضوية في منطقة الجذور. وبعض هذه النباتات ذات جذور ليفية (Fibrous Roots) مثل الحشائش وكذلك الذرة والقمح من الحبوب، وأخرى مثل فول الصويا والبسلة والفول والفاصوليا من البقوليات. كما أن هناك أنواعًا متعددة من الأشجار لها هذه القدرة كتلك المحتوية على أنزيمات إختزال النترات "Nitrate Reductases" التي تحلل الكثير من مركبات المبيدات.

ثانياً: معالجة التلوث حيوياً "Bioremediation of Pollution"

يقصد بمعالجة التلوث حيوياً "**Bioremediation**" بأنه استخدام المواد العضوية "**Organic Matters**" أو الكائنات الحية الدقيقة "**Microorganisms**" في التخلص من ضرر التلوث الكيماوي أو الحد من تأثيره على النبات.

أ- معالجة التلوث بالمواد العضوية..

تعتبر الأسمدة العضوية وهي السماد البلدي الإصطناعي "Compost" وسماد البيوجاز "Biogas Manure" وكذلك حمض الهيوميك "Humic Acid" والثرب "Peat" معالجات حيوية فعالة للأرض الملوثة بالمعادن الثقيلة. وهذه الأسمدة هي أساسا محسنات لخواص الأرض الفيزيائية والكيماوية والحيوية ومصدرًا هاماً لمغذيات النبات ومنشطات نموه. وتتميز هذه الأسمدة عن وسائل المعالجة الأخرى بأنها تدخل ضمن المعاملات الزراعية المعتادة بالإضافة إلى قلة تكلفتها الإقتصادية وسهولة إضافتها الأرض، بجانب ضئالة تأثيرها الذاتي على تلوث البيئة بصفة عامة. ويعتمد دور هذه المواد العضوية في معالجة الأرض بتحديد حركة المعادن الثقيلة على عدة عوامل كما يلي:

١) **كمية المادة العضوية وطبيعتها:** من حيث مدى كفاية الكمية المستخدمة، ودرجة نضجها (ضيق نسبة النيتروجين للكربون بها "C:N Ratio") التي تحدد معدل تحللها في الأرض بواسطة الميكروبات، وتركيبها (وهو الذي يحدده مصدرها) من العناصر المختلفة خاصة الثقيلة منها والأملاح.

٢) **نوع الأرض وخواصها:** من حيث تركيبها المعدني والعضوي، رقم التفاعل "pH"، سعتها التبادلية الكاتيونية، محتواها من الأملاح الذائبة وغير الذائبة، معاملاتها الزراعية، النباتات المنزرعة، معدلات التسميد العضوي والمعدني، سعتها المائية، طريقة الري ومعدلاته، ومحتواها من العناصر الثقيلة كما ونوعًا.

٣) **مواصفات مياه الري:** من حيث مصدرها (أنهار، آبار)، وتركيبها الكيماوي.

وقد أثبت العديد من الدراسات المختبرية (معامل وصوب) وكذلك التطبيقات الحقلية كفاءة المواد العضوية في الحد من تلوث الأراضي بالمعادن الثقيلة مثل الرصاص والنحاس والزنك والكادميوم والكروميوم والزئبق والنيكل والمنجنيز وغيرها. هذا بجانب تشجيع نمو النبات وزيادة إنتاجه، والذي يساهم بدوره كذلك في الحد من شدة التلوث وذلك من خلال إفرازات جذوره. فقد وجدت علاقة عكسية بين كمية المحسنات العضوية وكمية العناصر الثقيلة التي تمتصها النباتات مما يقلل من محتواها بالأنسجة النباتية والمحصول (كماً ونوعاً).

وتقوم المواد العضوية بدورها عن طريق النواتج الوسطية لتحللها مثل الأحماض العضوية متعددة الكربوكسيل "COOH" والفينولات وكذلك المركبات المتبلمرة مثل حمضي الهيوميك والفلفيك "Humic and Fulvic Acids". وتعتمد ميكانيكية عمل تلك النواتج على ارتفاع محتواها من المجاميع الأكسوجينية الوظيفية " Oxygen – Containing Functional Groups" وهي الكربوكسيل والهيدروكسيل الفينولية "COOH & C- OH" بصفة رئيسية.

وتقوم هذه المركبات بعملية خلب "Chelation" والتي فيها يدخل العنصر الثقيل (ثنائي أو ثلاثي التكافؤ) في المركب العضوي وذلك بالتبادل مع هيدروجين المجاميع الفعالة. ويترتب على ذلك تحديد حركة العناصر الثقيلة "Element Immobilization" في المحلول الأرضي. وتسمى هذه العملية "تكوين مركبات عضوية – معدنية، أو تثبيت العناصر الثقيلة" " Formation of Organo- Mineral Complexes or Heavy Metal Stabilization".

ويلعب رقم تفاعل الأرض "pH" دوراً رئيسيًا في مدى كفاءة الأحماض العضوية (الدبالية) في تثبيت العناصر الثقيلة، وذلك في علاقة عكسية حيث ترتفع كفاءتها مع إرتفاع رقم pH فوق درجة التعادل. ومن جهة أخرى يؤدي إرتفاع نسبة كربونات الكالسيوم في الأرض إلى تقليل كفاءة المادة العضوية في تثبيت العناصر الثقيلة. وتزداد قدرة المواد العضوية في تحديد نشاط تلك المعادن في طبقات الأرض السطحية وتقل مع العمق لإنخفاض معدل الأكسوجين. وكذلك تزداد الفعالية مع ارتفاع كل من السعتين التبادلية الكاتيونية والمائية، وتقل مع زيادة الأملاح. وتشترك الأحماض الدبالية مع الطين في التحديد من حركة العناصر الثقيلة من خلال تفاعلات الإدمصاص "Sorption".

وهناك مركبات عضوية مخلبية "Chelators" مخلقة (Synthetic) تقوم بخلب العناصر الثقيلة في الأرض ثم إزالتها بالغسيل وهي مثل:

EDTA, CDTA, DTPA, EDDS, EGTA, HEDTA and NTA. وتختلف هذه المركبات في قدرتها على إزالة تلوث الأرض تبعاً لتركيبها وكميتها، ونوع العنصر الثقيل وكميته، بجانب دور خواص الأرض ومعدل مياه الري. إلا أن استخدام هذه المركبات من الصعب تطبيقه عمليا وكذلك لإرتفاع تكاليفه، وما قد يسببه من تلوث الماء الأرضي.

ب- معالجة التلوث بميكروبات الأرض..

تستخدم الأحياء الدقيقة كمعالجات حيوية بغرض تنظيف الأرض من الملوثات الكيماوية. وأساس هذه التقنية هو تنشيط "**التحلل الميكروبي Microbial Biodegradation**" للملوثات وبالذات العضوية منها وتحديدًا مبيدات الآفات (Pesticides). ويتم ذلك بتوفير الظروف المناسبة لهذه العملية في الأرض مثل توفر المغذيات والمحتوى المائي ورقم التفاعل pH وكفاية الأكسوجين. وبمقارنة هذه التقنية بطرق العلاج الفيزيوكيماوية نجد أن المعالجة الميكروبية أنسب من النواحي البيئية والإقتصادية. **وترجع أفضلية المعالجة الميكروبية إلى الأسباب التالية:**

١) أنها عملية طبيعية (Natural).

٢) غالباً ما تكون نواتج المعالجة غير ضارة.

٣) إمكانية زراعة الأرض بعد معالجتها دون مشاكل.

٤) إعتبار هذه التقنية مشروعة ومقبولة مجتمعياً.

وقد يعيب المعالجة الميكروبية هو أنه هناك بعض الملوثات غير ممكنة التحلل بواسطتها، أو تراكم بعض مركبات وسطية سامة خلال التحلل. وكذلك من المشاكل التي تواجه هذه التقنية هو وجود ملوثات مختلطة كما في حالة تلوث الأرض بملوثات عضوية مع معادن ثقيلة.

ومن الملوثات العضوية التي تعمل الميكروبات على هدمها هي المركبات العضوية المخلقة "Xenobiotics" مثل المشتقات البترولية ومبيدات الآفات. فمن هذه المركبات ما هو قابل للتحلل "Degradable" ومنها ما هو غير قابل للتحلل "Recalcitrant". وتشترك أنواع عديدة من الميكروبات غير ذاتية التغذية " Chemoorganotrophs or Heterotrophs" حيث تعمل على المركبات القابلة للتحلل. فهي تستمد الكربون والطاقة اللازمة لتكوين المركبات البنائية لخلاياها من تحليلها لتلك المواد العضوية التي تضاف للأرض أو تصل إليها مع المخلفات النباتية أو غيرها. ومعظم هذه الميكروبات هوائية "Aerobic" تتطلب لكفاءة نشاطها وجود وفرة من الأكسوجين حتى تصل في تحللها إلى مرحلة انطلاق العناصر الأصلية المكونة للمركبات العضوية، وبالتالي تفقد تأثيرها الملوث للأرض. وكذلك توجد بعض الميكروبات التي تنشط في الظروف

اللاهوائية "Anaerobic" كما في حالة زيادة الرطوبة بالأرض أو رداءة الصرف، إلا أن معدل تحللها للمركبات العضوية يكون بطيئاً وكثيراً ما تتراكم المركبات الوسطية أو الغير تامة التحلل والتي قد تكون بدورها سامة. ويبين جدول رقم "١٢" بعض الملوثات العضوية سهلة التحلل في الأرض (عن: OECD,1994).

جدول رقم (١٣): ملوثات عضوية ممكنة التحلل تحت الظروف الهوائية وغير الهوائية.

المجموعة التركيبية	المثل	هوائيا	لاهوائيا
Monochlorinated Aromatics	Chlorobenzene	+	+
Monoaromatic Hydrocarbons	Beaze, Teluene, xylene	+	+
Non- haloganted Phenolics	2- Methyl phenol	+	+
Aromatic Hydrocarbons	Cresole	+	–
Polychlorinated biophenyls	Trichlorobiphenyl	+	–
Chlorophenols	Pentachlorophenol	+	+
Nitorgen Heterocyclics	Pyridine	+	+
Chlorinated alkanes	Chloroform	+	+
Chlorinated alkenes	Trichlorethylene	+	+

ويقوم العديد من ميكروبات الأرض من الفطريات (هوائيا) والبكتيريا (هوائيا وغير هوائيا) بتحطيم تلك المركبات والحد من تلويثها للبيئة. وعادة ما يزداد معدل التحلل في منطقة جذور النباتات فيما يسمى عملية "**المعالجة الجذرية Rhizoremediation**"، حيث تعتبر بكتيريا منطقة الجذور المشجعة لنمو النبات " Plant Growth – Promoting Rhizobacteria (PGPR)" معالجات حيوية جيدة. كما يتبع تدعيم الأرض بتلقيحها بالميكروبات ذات القدرة العالية على تحلل الملوثات العضوية، فيما يسمى عملية "**الدعم الحيوي Bioaugmentation**" وهو ما يتم بسلالات طبيعية أو مهندسة وراثيًا. وذلك بجانب لقاحات بكتيريا تثبيت النيتروجين الجوى ومنتجات الأوكسينات ومذيبات الفوسفات (Biofertilizers) لتقوية نمو النبات لتحمل سلبيات البيئة.

ومن الجدير بالذكر أن هناك بعض الميكروبات يمكنها تراكم العناصر الثقيلة في خلاياها، ويطلق عليها المراكمات البيولوجية "Metal Bioaccumulators" حيث تقوم تلك الميكروبات بإمتصاص (Absorption) المركبات الذائبة لبعض العناصر الثقيلة في

المحلول الأرضي إلى داخل خلاياها.. وبالتالي تحدد من حركتها في الأرض، ومن أمثلتها أنواع من:

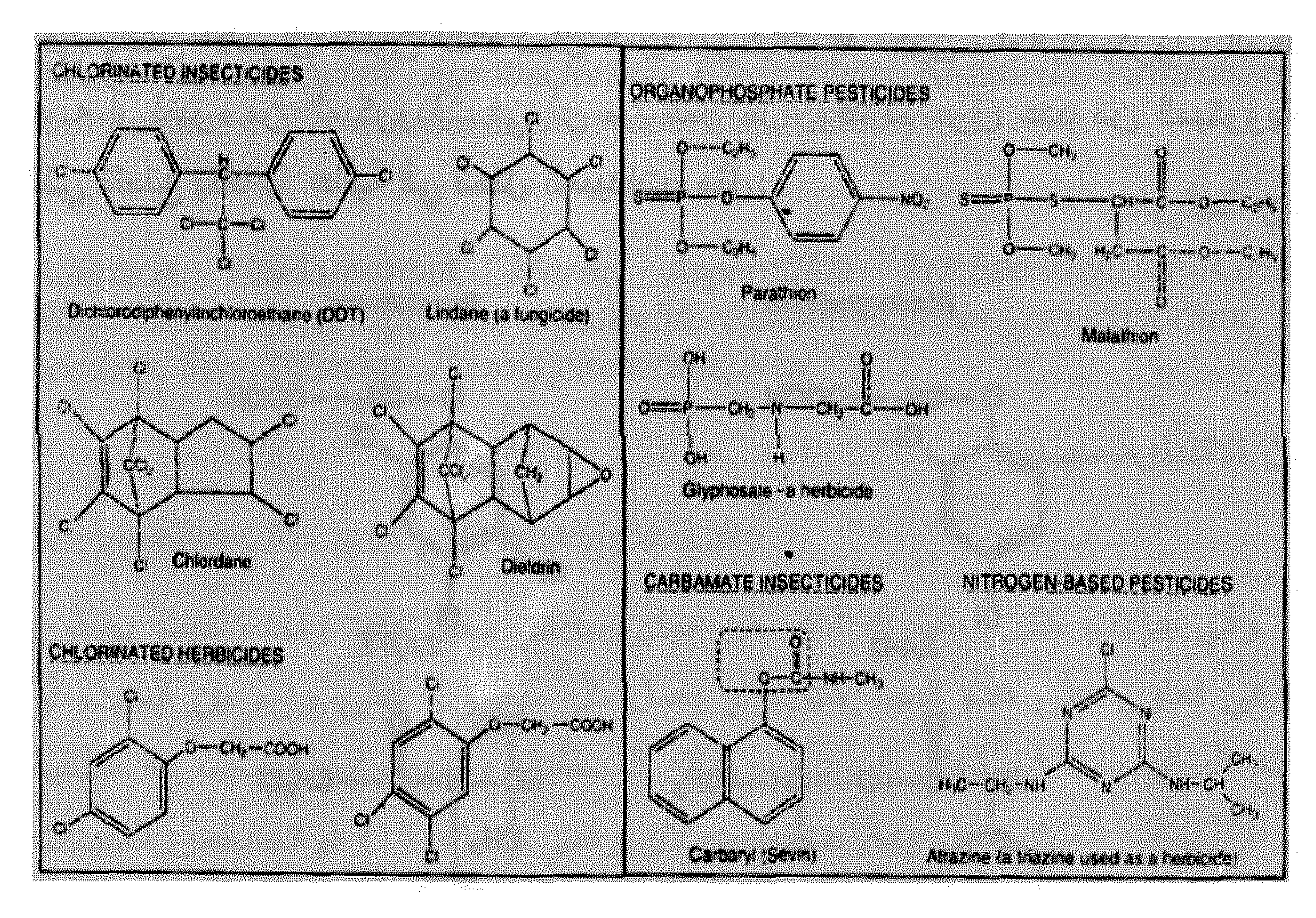
Magnaporthe, Brevibacillus, Burkholderia, Lactarias, Amanita, Scleroderma, Glomus **...etc.**

جـ- معالجة التلوث بمبيدات الآفات بواسطة ميكروبات الأرض..

مبيدات الآفات هي كيماويات مخلقة (Synthetic) بغرض مكافحة الآفات المختلفة. وتختلف المبيدات فيما بينها تبعا لأنواع الكائنات التي ستعمل عليها. وتنقسم المبيدات بصفة عامة إلى مضادة للميكروبات "Antimicrobial" وحيوية "Biopesticdies" وكيماوية "Chemical Pesticides" ووسائل التحكم في الآفات "Pest Control Divices" (عن: USEPA, 2006). وكذلك تتنوع المبيدات تبعاً لأهدافها المحددة إلى مجموعات هي الحشرية "Insecticides" والحشائشية "Herbicides" والفطرية "Fungicides" والنيماتودية "Nematicides" (جدول رقم "١٤" والشكل رقم "٢") (عن: Voccari and Alleman, 2006). وتصل هذه المبيدات إلى الأرض الزراعية إما مباشرة لاستهداف الآفة المحددة، أو غير مباشرة عن طريق مياه الري أو التساقط مع الأمطار أو من تلك المرشوشة على النباتات أو مع البقايا النباتية.

جدول رقم (١٤): فئات مبيدات الآفات وأمثلتها التجارية.

الأمثلة الفعلية	فئات المبيدات
	Insecticides:
Diazinon, dichlorvos, dimethoate, malathion, parathion	Organophosphorus
Carbaryl, propoxur, aldicarb methiocarb	Carbamate
DDT, methoxychlor, toxaphene, mirex, Kepone	Organochlorine
Aldrin, chlordane, dieldrin, endrinj endosulfan, heptachlor	Cyclodienes
	Herbicides:
Chlorophenoxy acids, hexachlorobenzene (HCB)	Nitrogen-based
Picloram, atrazine, diquat, paraquat	Organophosphates
Glyphosate (Roundup)	
	Fungicides:
Triazines, dicarboximides, phthalimide	Nitrogen-containing
Creosote, hexachlorobenzene	Wood preservatives
Chlorine, quaternary alcohols	**Antimicrobial**
Perethrin, permethrin	**Botanicals**



شكل رقم (٢) تقسيم مبيدات الآفات على أساس تركيبها البنائي.

ومن هذه المبيدات ما هو ضار ببعض ميكروبات الأرض بخلاف تلك المستهدفة. ويختلف تأثير المبيدات على ميكروبات الأرض تبعًا لنوع كل من المبيد والميكروب بجانب ظروف الأرض والنبات النامي.. وهذا ليس موضوعنا. وهناك العديد من الميكروبات غير ذاتية التغذية التي تهاجم مبيدات الآفات إما بغرض غذائي للحصول على الكربون والطاقة (بتحلل المبيد إلى عناصره الأولية) كما سبق الذكر فيما يسمى عملية "Biodegradation or Metabolism". أو فقط بغرض إزالة سميتها التي قد تؤثر عليها في العملية التي تسمى "Cometabolism" or "Detoxification" (شكل رقم "٣") (عن:Atlas and Bartha, 2000). وتجرى كلا العمليتان بإنزيمات متخصصة. وفي تلك الحالة الثانية لا يستفيد الميكروب من مكونات المبيد. وتجرى عملية إزالة سمية المبيد بأي من العمليات: إضافة مجموعة هيدروكسيل (OH)، أكسدة مجموعة أمين، أكسدة الكبريت، إضافة أكسوجين إلى رابطة مزدوجة، إضافة مجموعة ميثيل (CH_3)، إزالة مجموعة ميثيل، إزالة كلور، إختزال مجموعة نيتريت، إحلال أكسوجين محل الكبريت، هجرة كلور، كسر رابطة الإيثيل، تحلل السلسلة الجانبية (الأليفاتية) تحلل مائي، أو كسر الحلقة البنزينية (العطرية). وقد يشترك في العملية الواحدة أكثر من تفاعل. هذا

وفي بعض الأحوال تتكون أثناء تحلل المبيد مركبات قد تكون سامة للميكروب المحلل نفسه أو لغيره من الميكروبات في أي من المراحل. وقد تم عزل عدد من **الميكروبات التي تتمتع بكفاءة عالية في تحلل المبيدات، مثل:**

شكل رقم (٣): البناء الجزيئي لبعض مبيدات الآفات القابلة للتحلل الحيوي "Degradable" وأخرى غير القابلة "Rccalcitrant". المركبات الأربعة العلوية هي مبيدات أعشاب، والأربعة السفلية مبيدات حشرات.

Pseudomonas sp., Bacillus sp., Arthrobacter sp., Flavobactrium sp., Alcaligenes eutrophus, Agrobacterium, Clostridium, Klebsiella, Arthrobacter, Xanthomonas, Phanerochaete chrysosporium, Rhodococcus ...etc.

ومن الفطريات:

Alteraria, Cladosporium, Mucor, Aspergillus, Trichoderma, Fusarium, Rhizoctonia, Chladosporium, Glumrella, Phanernochaete chrysosporium, Ph. Sordida, Penicilliun sp., Phoma glomerata..etc.

ومن الأكتينوميسيتس:

Streptomyces, Nocardia, Micromonspora..etc.

وفي حالات كثيرة يشترك أكثر من ميكروب في تحلل مبيد واحد، حيث يعملون معا في تعاون على هدم المبيد ككل، أو يعمل كل ميكروب على جزء من المبيد، أو بتتابع الميكروبات في تحلل المبيد ومركباته الوسطية، وذلك بواسطة مجموعة متتالية من الإنزيمات الميكروبية. ويعرض الجدولان رقمي (١٥، ١٦) قوائم بعض المبيدات وأمثلة للميكروبات التي تعمل عليها (عن:Leung et al., 1997).

جدول رقم (١٥): بعض مبيدات الآفات والميكروبات المحلله لها.

الميكروبات المحللة	المبيدات
Bacteria	
Pseudomomas sp. strain B13	Chlorophenol
Desulfitobacterium dehaiogenans strain 2 CO-1	2- Chlorophenol
Azotobacter Chroococcum. strain MSB1	4- Chlorophenol
Arthrobacter sp.	
Alcaligenes sp. strain A7-2	
Rhodococcus sp. strains An 117 and An213	3- Chlorophenol, 4- chlorophenol
Rhodococcus erythropolis 1cp	4- Chlorophenol, 2,4- dichlorophenol
Alcaligenes autrophus IMP 134	2,4-Dichlorophenol
Pseudomonas sp. strain NCIB 9340	
Pseudomonas cepocia BR16001	
Pseudomonas cepacia	
Acinetobacter sp.	
Xanthobacter sp. strain CP	
Flavobacterium sp. strain 50001	

(يتبع)

تابع جدول رقم (١٥): بعض مبيدات الآفات والميكروبات المحلله لها.

الميكروبات المحللة	المبيدات
Arthrobacter sp.	2,4-Dichlorophenol
Flavobacterium sp. strain MH	
Desulfitobacterium dehalogenans JW/IU- DCl	2,4, Dichlorophenol
Pseudomonas sp. strain JS6	2,5- Dichlorophenol
Desulfomonile tiedjei strain DCB- 1	2,4-Dichlorophenol, 2,3,4,6-tetrachlorophenol
Pseudomonas cepcia strain AC1100	2,4,5- Trichlorophenol
Pseudomonas pickettii	2,4,5-Trichlorophenol
Azotobacter sp. strain GP1	
Desulfomonile tiedjei strain DCB-2	2,4,6- Trichlorophenol, 2,3,4,6tetrachlorophenol
Streptomyces rochei 303	2,4,6- Trichlorophenol, 2,4-dichlorophenol
Mycobacterrium chlorophenolicum strains PCP-1, CP-2, CG-1	2,4,5-Trichlorphenol, 2,3,4,6-tetrachlorophenol
M. fortuitum strain CG-2	
Flavobacterium sp. strain ATCC 39723	
Arthrobacter sp. strain KC-3	2,4,6-Trichlorophenol, 2,3,4,6- tetrachlorophenol
Pseudomonas saccharophila strains KFI, NKFI	2,4,6- Trichlorophenol, 2,3,4,6- tetrachlorophenol
Arthrobacter sp. strain ATCC 33790	Pentachlorophenol
Arthrobactar sp. strain KC-3	
Arthrobacter sp. strain NC	
Desulfomonile tiedjei strain DCB-1	
Flavobacterium. sp. strain ATCC 39723	
Mycobacterium chlorophenolicum strains PCP-1, CP.2, CG-1	
M. fortuitum strain CG-2	
Pseudomonas sp.	
Pseudomonas sp.	
Pseudomonas sp. strain RA2	
Pseudomonas sp. strain SR3	
Pseudomonas aeruginosa	
Pseudomonas cepacia strain AC1100	
Sphingomonas sp. strain RA2	
Streptomyces rochei 303	
Fungi	
Candida tropicalis	3- Chlorophenol, 4- chlorophenol
Candida maltosa	
Penicillium frequentens Bi 7/2	4- Chlorophenol, chlorophenol

(يتبع)

تابع جدول رقم (١٥): بعض مبيدات الآفات والميكروبات المحلله لها.

المبيدات	الميكروبات المحللة
2,4,5- Trichlorophenol, 2,4-trichlorophenol	*Phanerochaete chrysosporium*
2,4,5- Trichlorophenol, 2,4 dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol	*Pleurotus corncopiae*
Pentachlorophenol	*Ceriporiopsis subvermispora*
	Mycena avenacea
	Phanerochaete chrysosporium
	Phanerochaete sordida
	Phoma glomerata
	Tramatis versicolor
	Zygomycetes

جدول رقم (١٦): بعض مبيدات الآفات الممثلة لأهدافها الرئيسية والميكروبات المحللة لها.

أنواع المبيدات ومركباتها	البناء الجزيئي واسم المبيد		الميكروب المحلل
HERBICIDES Triazine	Cl, N, NHC_2H_5, NHC_3H_7	**Atrazine**	***Rhodococcus***
Phenoxyalkanoic	Cl, OCH_2COOH, Cl	**2,4-D**	***Alcaligenes eutrophus***
Phenylurea	Cl, Cl, NHCN, OCH_3, CH_3, O	**Linuron**	***Bacillus Sphaericus***
Sulfonylurea	Cl, SO_2NHC-NH, O, N, OCH_3, CH_3	**Chlorsulfuron**	***Streptomyces***
Phosphinic acid	OH-C-CH_2NHCH_2-P, O, OH, OH	**Glyphosate**	***Arthrobacter***

(يتبع)

تابع جدول رقم (١٦): بعض مبيدات الآفات الممثلة لأهدافها الرئيسية والميكروبات المحللة لها.

الميكروب المحلل	البناء الجزيئي واسم المبيد	أنواع المبيدات ومركباتها
Flavobacterium sp.	Parathion	INSECTICIDES Organophosphate
Arthrobacter	Carbofuran	N-Methylcarbamate
Pseudomonas fluorescens	Deltamethrin	Pyrethroid
Aerobacter aerogenes *Trichoderma viride* Algae	DDT	Organochlorine
Pseudomonas putida	Iprodione	FUNGICIDES Dicarboximide

Atrazine: 2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine; *2,4-D:* 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid; *Linuron:* 3-(3,4- Dichlorophenyl)-1 -methoxy-1 -methylurea; *Chlorsulfuron:* 2-Chloro-iV-[[(4-methoxy-6-methyl 1,3,5-triazin-2-yl) amino] carbonyl] benzenesulfonamide; *Glyphosate:* iV-(phosphonomethyl)glycine;

Parathion: 0,0-diethyl 0-(4-nitrophenyl)phosphorothioate;

Carbofuran: 2,3-Dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate;

deltamethrin: 3-(2,2-dibromoethenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylic acid;

DDT: 1,1,1-Trichloro-bis-(4-chlorophenyl)ethane; *Iprodione:* 3-(3,5-Dichlorophenyl)-N-(1-methylethyl)-2,4-dioxo-1 -imidazolidinecarboxamide.

ويعتمد نشاط الميكروبات في تحللها لمبيدات الآفات على ظروف الأرض والنبات والمناخ وطبيعة المبيد وتركيبه وكميته والمعاملات الزراعية.. كما يلي:

أ- خواص الأرض..

١) الفيزيائية

- القوام: يزيد نشاط الميكروبات في الأرض الطينية الخفيفة.
- السعة المائية: تلائم الميكروبات الظروف الهوائية في وجود رطوبة كافية (٤٠-٧٠% من السعة المائية الكلية).

٢) الكيماوية

- السعة التبادلية الكاتيونية: وهي ترتبط بنسبة كل من الطين والمادة العضوية، حيث تزداد بزيادتهما، وهو ما يناسب الميكروبات والنبات.
- رقم التفاعل pH: يلائم معظم الميكروبات التفاعل قرب التفاعل (pH6.5-7.5).
- العناصر الثقيلة: من حيث وجودها كماً ونوعًا، على أن تكون في الحدود الآمنة.

٣) الحيوية والغذائية

- المادة العضوية: من حيث توفرها بكمية كافية، فهي مصدر الغذاء والطاقة للميكروبات المحللة. ويرتبط بغذاء الميكروبات كذلك توفر العناصر الغذائية من مصادر أخرى.

ب- النبات: يحدد نوع النبات النشاط الميكروبي في تحلل المبيدات، وذلك من حيث طبيعة الجذور وإنتشارها، وما تتميز به منطقة الجذور (Rhizosphere) بإفرازاتها المشجعة. وهذا مما يجعل النباتات البقولية تتمتع بمنطقة جذور غنية. كما يرتبط بتأثير النبات مرحلة نموه، حيث يكون نشاط الميكروبات أعلى ما يكون خلال مرحلة النمو الخضري.

جـ- المناخ: ويشمل الحرارة والرطوبة (الأمطار). فمعظم ميكروبات الأرض يلائمها الحرارة المتوسطة (٢٠-٣٥°م). كما أن الأمطار توفر الرطوبة المطلوبة في

المناطق التي يعتمد عليها نظام الري. وكذلك للأمطار دورًا أساسياً في إنتقال المبيدات المرشوشة إلى الأرض.

د- **طبيعة المبيد:** يحدد نوع المبيد وتركيبه الكيماوي مدى قابليته للتحلل الميكروبي، ويشترك في ذلك تركيزه. كما تحدد طريقة الإضافة الكمية التي تصل للأرض من المبيد، فما يصل من كمية المبيد المرشوشة على النباتات وتصل إلى الأرض عادة ما تكون أقل من تلك المضافة مباشرة للأرض.

هـ - **المعاملات الزراعية:** وهذه تشمل الحرث والتسميد (عضوي ومعدني) والري (نوعه ومعدله ومواصفات المياه) ومكافحة الآفات (نوعها وطريقتها ومعدلاتها)، وجميعها ذات تأثير هام على ميكروبات الأرض.

هذا ويؤدي الإسراف في إستخدام مبيدات الآفات إلى أضرار بيئية مختلفة، ما لم تتخذ الإجراءات الحاسمة والإلتزام بالمعايير البيئية والترشيد، مراعاة لصالح الإنسان والحيوان والنبات. **ومن هذه الأضرار ما يلي:**

١) إن قدرة ميكروبات الأرض على تحليل المبيدات ليست مطلقة، حيث تتحدد بنوع المبيد وكميته، كما أنها تتطلب وقتًا طويلاً. وكذلك هناك الكثير من المبيدات لا يمكن للميكروبات تحليلها.

٢) تحول بعض الآفات الزراعية الثانوية لآفات رئيسية.

٣) زيادة قدرة الآفات على تحمل تركيزات عالية من المبيدات.

٤) قتل الكثير من الكائنات والحشرات النافعة للإنسان.

٥) تلوث المحاصيل وخاصة الخضر والفاكهة.

٦) زيادة نسبة متبقيات المبيدات ونواتج تحطمها التي قد تكون أشد سمية من المركب الأصلي في الأرض والهواء المحيط ومياه الصرف الزراعي.

٧) الإضرار بسياسة تصدير الحاصلات الزراعية في حالة ما إذا تجاوز مستوى متبقيات المبيدات أعلى من الحد المسموح به لدى الدول المستوردة.

٨) تأثر بعض المحاصيل التالية للمحصول السابق معاملته.

٩) إكتساب بعض الآفات للمناعة من التركيزات المستخدمة وزيادة التلوث أو تغيير المبيد وإضافة مواد سامة جديدة.

- وبذلك يصبح استخدام المقاومة الحيوية (Biological Control) والتحكم البيئي (Environmental Control) وإستنباط أصناف نباتية مقاومة للآفات والأمراض أمراً شديد الأهمية. هذا بجانب تطبيق معاملات زراعية مناسبة (خاصة فيما يتعلق بمواصفات ومعدلات كل من التسميد العضوي ومياه الرى والدورة المحصولية).

الباب الثالث

التلوث الميكروبى للأراضى الزراعية

(الميكروبات المسببة للأمراض عن طريق الأرض)

MICROBIAL CONTAMINATION OF SOIL (DISEASE- CAUSING MICROORGANISMS IN SOIL) AND THEIR CONTROL

الفصل الأول– الميكروبات الممرضة للإنسان والحيوان فى الأرض.

الفصل الثاني– الميكروبات الممرضة للنبات فى الأرض.

الفصل الثالث– التحكم فى الميكروبات المرضية في الأرض.

الفصـــل الأول

الميكروبات الممرضة للإنسان والحيوان في الأرض

SOIL - BORNE HUMAN AND ANIMAL PATHOGENS

تصل الميكروبات التي تسبب أمراضًا للإنسان والحيوان إلى الأرض من خلال إفرازات وبقايا العوائل المصابة، وكذلك من المياه السطحية الملوثة. ولعل أهم تلك المصادر هو مياه المجاري التي تستخدم في الري بدون معالجة. وتشير الدراسات إلى إحتواء مياه الصرف الصحي على الميكروبات المسببة لأمراض التيفويد والباراتيفويد والكوليرا والحمى والنزلات المعوية والدوسنتاريا وأمراض الجلد وغيرها. هذا بجانب الطفيليات المتوطنة كالإسكارس والإنكلستوما، وعلاوة على ذلك بعض فيروسات الأمراض الخطيرة (وإن كانت هذه الأخيرة لا تستمر في الأرض إلا لأيام قليلة جداً). كما وأن سماد المزرعة (السماد البلدي) غير المحضر جيدًا له دوراً هاماً في نقل عدد من الأمراض. ويتراوح عدد الميكروبات الممرضة في مياه الصرف الصحي غير المعالجة في حدود $١٠^{٥}$ إلى $١٠^{٧}$خلية/ مل، في نفس الوقت الذي يجب فيه ألا يتجاوز هذا العدد من تلك الميكروبات عن عشرة خلايا لكل ملليلتر، وذلك بمعالجة مياه الصرف الصحي بطريقة فعالة تجعل إستخدامها في الري آمنًا. وقد يستمر نشاط بعض تلك الميكروبات بالأرض أحياناً إلى عدة أسابيع أو شهور. وهذا مما يشكل خطورة تلك الميكروبات على الصحة العامة، حيث تحتوى المياه غير المعالجة عامة على فيروسات، بكتيريا (مجموعة القولون، سالمونيلا التيفود، شيجيللا، دوسنتاريا، كوليرا، بروتوزوا "إنتامبيا هيستولوتيكا"، بيض الإسكارس، وغيرها. وتتحدد مدة بقاء الميكروبات الممرضة للإنسان والحيوان تبعاً لوجود العائل، نوع الأرض ورقم تفاعلها pH، مياه الري (مصدرها ومحتواها الميكروبي ومعدلها وفترات الري)، الموسم الزراعي (حرارة الجو)، ونوع المحصول النامي.

وبغير مياه الصرف الصحي تعتبر المياه السطحية للري والسماد البلدي مصدران رئيسيان لتلوث الأرض بالميكروبات المسببة لأمراض الإنسان والحيوان. وعادة ما تكون فترة بقاء تلك الميكروبات قصيرة في حدود أيام قليلة، إلا أن بعضها قد يستمر لعدة أسابيع.

ومن أهم الأمراض التي يكون للأرض الزراعية دوراً فيها، ما يلي:

أ- للإنسان "Human Diseases"

حمى التيفود "Typhoid Fever"، الدوسنتاريا "Dysentery"، الكوليرا "Cholera"، الدفتيريا "Diphteria"، الإلتهاب الرئوي "Pneumonia"، السل "Tuberculosis"، الجذام "Liprosy"، التيتانوس "Tetanus"، والفرغرينا الغازية "Gas Gangrene".. وغيرها.

ب- للحيوان "Animal Diseases"

إلتهاب الضرع "Mostitis" والإجهاض "Abortion" في الماشية. وأمراض التيفود والإسهال في الدجاج.. وغيرها.

وتعزى سرعة اختفاء البكتيريا الممرضة في الأرض إلى عدم ملائمة الظروف البيئية أو نقص الغذاء المناسب أو غياب العائل، أو تدميرها بواسطة كائنات أخرى تلتهمها كالبروتوزوا أو بكتيريا أخرى أو فطريات. وقد وجد أن بكتيريا التيفود إذا ما أضيفت إلى أرض رطبة ومنزرعة يتم تدميرها بسرعة. وظاهرة التضاد هذه قد تحدث في أرض ما ولا تحدث في أخرى، تبعاً لوجود الكائنات المضادة. وعامة وجد أن بكتيريا التيفود والدوسنتاريا تختفي في الأرض خلال أسبوع، وبكتيريا القولون "*Escherichia coli*" تختفي بسرعة في الأرض وفي أكوام السماد. ووجد أن بكتيريا السل "*Mycobacterium tuberculosis*" تبقى حية وفعالة في روث البقر المعرض على سطح أراضي المراعي لمدة خمسة شهور شتاءً، وتقل المدة بارتفاع حرارة الجو. ووجد أن بكتيريا البروسيللا "*Brucella melitensis*" تعيش في الأرض لمدة ثلاثة أسابيع. وبالإضافة إلى ما سبق ذكره من ميكروبات ممرضة، هناك غيرها ذو قدرة على العدوى أو إنتاج سموم في الأغذية البشرية توجد بوفرة في الأرض، مثل بكتيريا التيتانوس والفرغرينا الغازية والتسمم الغذائي.

ومن البكتيريا المسببة لمرض التيتانوس "*Clostridium tetani*" ما نجدها منتشرة على نطاق واسع في الأراضي المسمدة بالأسمدة العضوية حيوانية المصدر، وحتى أنها توجد في الأتربة وتنتقل مع الرياح. كما توجد بكتيريا التيتانوس في القش المتحلل

والأسمدة العضوية حيث تشترك في تحلل هذه المواد. كما أنها توجد في روث الحيوانات لوجودها أصلاً في أمعائها.

ووجدت البكتيريا المسببة لمرض الفرغرينا الغازية "Gas- gangrene" في الأراضي.. وهي:

Spores of *Clostridinm sporogenes, Cl. Welchii, Cl. Tertius, Cl. oedematiens, Cl. bifermentans, Cl. Cochlearius & Cl. tetani*

وبكتيريا تيفود الدجاج "Fowl Typhoid" وهي "*Shigella gallinarum*" تبقى لمدة ٤٠-٧٠ يوم في الأرض ذات التفاعل المتعادل "pH7"، بينما تقل هذه الفترة مع إنخفاض رقم التفاعل. كما أن البكتيريا المسببة للإسهال الأبيض في الدجاج " White Diarrhoea" وهي "*Sh.pullorum*" تتحمل حموضة الأرض أكثر من بكتيريا تيفود الدجاج، بينما يستمر وجودها في الأراضي المتعادلة إلى ٦٤ يوم. ومن ناحية أخرى تزداد حساسية هذه الميكروبات في الأرض الرطبة عنها في الأرض الجافة. وهناك بكتيريا السل "*Mycobacterium tuberculosis*" التي تبقى حية وفعالة في الأرض لعدة سنوات.

ويعزى مرض الإنكلستوما "Hookworm Disease" إلى الدودتين "*Nectator americanus* and *Ancylostoma duodenale*" اللتان توجدان مبدئياً في الأرض الملوثة، حيث تنتقل في البداية وتستمر في الأرض لمدة ستة أشهر في حماية المزروعات، وترتبط بالغشاء المائي حول حبيبات الأرض.

الفصـــل الثانى

الميكروبات الممرضة للنبات في الأرض

SOIL - BORNE PLANT PATHOGENS

تنقسم الكائنات الدقيقة التي تسبب أمراض النبات إلى خمسة مجموعات مميزة.. هي: **الفطريات "Fungi"، الأكتينوميسيتس "Actionomycetes" البكتيريا "Bacteria"، الصور الحيوانية "Animal Forms"، والفيروسات "Viruses"**. وجميع هذه المجموعات موجودة في الأرض، ومعظمها يمكنه المعيشة لمدد طويلة خاصة في وجود النبات العائل.

وتعتبر الفطريات هي أكبر وأهم هذه المجموعات كما يلي:

- **Myxomycetes:** *Plasmodiophora brassiceae.*
- **Phycomycetes:** *Phytophthora infestans, Aphonomyces laevis, Synchytrium endobioticum & Phythium debaryanum.*
- **Ascomycetes:** *Botrytis cinerea, Sclerotinia trifoliorum & Corticium vagum.*
- **Fungi Imperfecti:** *Phomo betae, Verticillium olboatrum, Fusarium lini, Fusarium vasinfectum & Helminthosporium gramineum.*

وقد تم عزل فطريات مختلفة من كل من الأراضي المنزرعة والبكر، حتى في عدم سبق وجود النبات العائل. ومن المعروف أن فطريات "*Rhizoctonia Solani* *Fusarium radicicola &*" التي تصيب البطاطس قد عزلت من أراضي لم يسبق زراعتها بالبطاطس بل ومن أراضي صحراوية. ووجد أن بعض البذور الخالية من المرض والمنزرعة في أراضي جديدة غالباً ما تعطي إنتاجاً مريضاً. كما وجد أن الأراضي التي سبق زراعتها بالبرسيم أو الحبوب تكون أكثر ملائمة لإنتاج البطاطس من الأراضي البكر. ويمكن لبعض الفطريات الممرضة البقاء في الأرض لسنوات طويلة. ومن النباتات التي يفضل أن تزرع بداية في أرض بكر هو الكتان (Flax). ويمكن لبعض أنواع فطريات "*Phytophthora*" تتحمل درجات حرارة منخفضة كما في الشتاء دون ضرر كبير، وكذلك يمكنها تحمل بعض الجفاف. فمثلاً فطر "*Ph. Infestans*" يمكنه المعيشة مترمماً "Saprophytic" في الأرض وذلك على البقايا النباتية

غير تامة التحلل. ولا تقل الخاصية الممرضة لمثل هذه الفطريات بمعيشتها في الأرض. وكثير من النباتات تصاب بالفطريات التي لا تعيش جراثيمها في الأرض، ولكن تكون هذه الفطريات ملتصقة بالبذور وتنتج ميسيليوم الذي بدوره يصيب البادرات النباتية لدى بدء نموها.

وهناك الكثير من الفطريات تعتبر إختيارية التطفل "Facultative Parasites" بإمكانية نموها في غياب النبات العائل. فمثلاً جراثيم فطر " *Sclerotinia trifoliorum* spores" يعطي ميسيليوم مترمم في البداية ثم لا يلبث أن يتحول إلى إختياري التطفل بعد ذلك. وتنبت هذه الجراثيم على بقايا الخضروات في الأرض وينتشر الميسليوم على سطح الأرض تبعا للظروف البيئية.

ومن فطريات "Fusaria" ما هو من ساكني الأرض "Soil Inhabitant" ومنه ما هو دخيل "Invador". وهذا الأخير يعتمد على وجود العائل النباتي في الأرض، ولدى إزالة هذا العائل يموت الفطر تدريجياً. ومن المعروف أن فطريات " *Trichoderma koningi* and *T. lignorum*"، وهما من الفطريات المترممة الشائعة في الأرض، تسبب أمراض عفن " Rot" البطاطا المخزنة. وكذلك يفعل فطر "*Rhizopus nigricans*" الذي يسبب العفن الطري "Soft Rot" أيضا للبطاطا.

وتوجد الأكتينوميستس المرضية بأنواع كثيرة في الأراضي، وأهمها "*Stroptomyces scabies*" وأنواع أخرى كثيرة لنفس الجنس تسبب جرب البطاطس "Potato Scab". ويلائم هذا الميكروب الأرض الثقيلة المنزرعة والمتكرر زراعة البطاطس بها. وكذلك يسبب "*Streptomyces Poolensis*" مرض جدري "Pox" البطاطس في الأرض.

ومن البكتيريا المسببة لأمراض النبات "*Bacillus tumefaciens*" التي تسبب مرض الورم التاجي "Grown Gall"، "*B.campestris*" التي تسبب العفن الأسود " Black Rot"، وكذلك توجد بكتيريا أخرى تسبب أمراض العفن في البطاطس ونباتات أخرى.

وهناك آفات حيوانية تصيب النباتات منها:

Protozoa, Nematodes, Wireworms, Crustaceans, Myriapods and Insects.

ومن النيماتودا المسببة لأمراض النبات "*Heterodera Schachtii*" التي تسبب مرض التشوه "Mangles"، "*Tylenchus tritici*" لنباتات القمح، "*Het. Radicicola*" التي تسبب الإنتفاخ "Swellings" أو التعقد "Knots" لنباتات الطماطم والخيار، " *Tylenchus dipsae*" المسببة لمرض تعقد الجذور "Knots on roots" لنباتات الشوفان والتيوليب والبرسيم، "*Aphelenchus olesistus*" المسببة لمرض تلف الأوراق "Leaf Blight"، وكذلك "*Tyl. dipasaci*" المسببة لأورام السوق والأوراق والدرنات في البطاطس. كما تشترك نيماتودا "*Het. Schachtii*" مع فطر "*Rhizoctonia solani*" في التطفل على بعض النباتات. هذا ولن نسترسل في الحديث عن الصور الحيوانية المتطفلة في الأرض لأنه ليس موضوع كتابنا، حيث ينحصر إهتمامنا هنا على ميكروبات الأرض فقط.

ومن فيروسات الأرض ما يسبب أمراضاً نباتية مثل مرض التبرقش "Mosaic" في نباتات الدخان، وآخر يسبب مرض التبرقش لنباتات الطماطم والذي ثبتت قدرته على البقاء حيًا في الأرض الزراعية من ٤-٦ أسابيع في غياب العائل.

وقد وجد أن **الظروف البيئية** ذات تأثير محدود على كثير من الممرضات في الأرض إلا فيما ندر. فمثلاً إرتفاع **الحرارة** يشجع أمراض فطر "*Fusarium*" لنباتات الكرنب بينما انخفاض الحرارة يثبطها، ونفس هذا التأثير ينطبق على أمراض أخرى. وكذلك وجد أن **الرطوبة** المرتفعة تلائم نشاط مرض الذبول "Damping off"، وعلى العكس مع مرض جرب البطاطس "Scab" الذي ينشط في الأرض الجافة. وتلعب **المادة العضوية** في الأرض دوراً هاماً في تنشيط المتطفلات الرمية "Saprophytes"، وكذلك تؤثر الأرض الثقيلة عن الخفيفة. كما وأن **خواص الأرض الفيزيائية والكيماوية والحيوية والمعاملات الزراعية** كلها أو بعضها تلعب أدواراً في مدي ملاءمتها لتنشيط الممرضات من ناحية أو الحد من ضررها من ناحية أخرى.

الفصـــل الثالث

التحكم فـى الميكروبات الممرضة في الأرض

CONTROL OF PATHOGENIC MICROORGANISMS IN SOIL

- **المكافحة غير الحيوية للميكروبات المرضية في الأرض.**
- **المقاومة الحيوية للميكروبات المرضية في الأرض.**

أولاً: التضاد فيما بين الميكروبات.

ثانيا: الميكروبات المقاومة لبعض الآفات والميكروبات الممرضة للنبات.

المكافحة غير الحيوية للميكروبات المرضية في الأرض

NON – BIOLOGICAL CONTROL OF SOIL – BORNE PATHOGENS

في البداية يجب أن نتذكر المثل القائل "**الوقاية خير من العلاج**"، وإذا ما طبقناه هنا فإننا نوجه إلى تدارك الخطأ قبل وقوعه، **بأتباع ما يلي للحد من حدوث التلوث الميكروبي للأراضي الزراعية:**

١) الإلتزام بمعايير إستخدام مياه الصرف الصحي في الري ليس فقط من ناحية تركيبها الكيماوي وبل أيضا وبصفة أساسية محتواها الميكروبي، وكذلك نوعية الزراعات المسموح بريها بهذه المياه.

٢) عزل الحيوانات المريضة في الحظائر لعدم دخول إفرازاتها في السماد البلدي (سماد المزرعة).

٣) عدم ضم بقايا النباتات المصابة في تحضير الكومبوست، بل ومن الضروري حرقها في موقعها.

٤) تحضير كل من السماد البلدي والكومبوست بطرق صحية سليمة.

٥) إستنباط أصناف نباتية مقاومة للأمراض الميكروبية المختلفة بتقنيات التهجين والهندسة الوراثية.

٦) الاتجاه إلى تطبيق ضوابط **الزراعة العضوية** كلما أمكن، خاصة في مناطق التوسع الزراعي الجديدة.

وننتقل بعد ما ورد عاليه، من وسائل الوقاية، إلى طرق المكافحة غير الحيوية للميكروبات المرضية وبعض الآفات في الأرض بصفة عامة، وذلك كما يلي:

أ- الدورة المحصولية Crop Rotation

هناك العديد من الميكروبات المرضية تبقى حية لمدد طويلة في الأرض طالما تستمر زراعة وتواجد النبات العائل، بل أن بعض تلك الميكروبات المتطفلة "Parasitic" يمكنها المعيشة مترممة "Saprophytic" في الأرض لبعض الوقت. وللتغلب على تلك الطفيليات يجب عدم توفر الظروف التي تسمح باستمرارها في الأرض، وذلك بتغيير الدورة المحصولية في المنطقة باستبعاد زراعة المحصول العائل للمرض المعين وذلك لعدة سنوات.

ولعلنا نضرب مثلاً هنا، ألا وهو مرض تشوه الجذور "Club Root" للنباتات الصليبية "Cruciferous" وبنجر السكر (Sugar beet) والذي تسببه ديدان النيماتودا، حيث لا يمكن التخلص منه بعد تغيير الدورة أي عدم زراعة هذه النباتات في المنطقة المعينة قبل مرور مدة تتراوح ما بين خمس إلى ست سنوات.

ب- معاملة الأرض بالطرق الكيماوية والفيزيائية

Chemical and Physical Methods of Soil Treatment

يعتبر التحكم في رقم التفاعل "pH" للأرض هو أحد الطرق الفعالة في مقاومة الأمراض المعدية، وذلك باستخدام الجير للأرض الحامضية ومركبات الكبريت (الجبس، كبريتات الأمونيوم، الكبريت المعدني) للأرض القلوية.

وتضاف الكميات من تلك المصلحات بما يناسب رقم تفاعل الأرض "pH" الفعلي، مع الأخذ في الاعتبار قدرة الأرض التنظيمية (Buffering Capacity)، حتى يتحقق الهدف من إضافة هذه المواد الكيماوية. ولا يتعلق تأثير مركبات الكبريت على تعديل رقم التفاعل فقط بل أن عنصر الكبريت نفسه له تأثير ذاتي مثبط على بعض الميكروبات الممرضة في الأرض. فعنصر الكبريت يؤثر على ميكروب جرب البطاطس "Potato Scab"، كما أنه يمكن لنفس العنصر تحديد قدرة ميكروب تقشر وجرب البطاطا "Sweet- potato Scurf and Pox ".

وتؤدي إضافة أسمدة الفوسفات الحامضية إلى الحد من نشاط الميكروبات المسببة لمرض الجرب "Scab"، وكذلك تقوم الأسمدة الخضراء بتثبيط نفس المرض. كما تحدد

الرطوبة العالية من نشاط الأكتينوميسيتس المسببة لمرض الجرب الذي تلائمه ظروف الجفاف. ولدرجة الحرارة دوراً في التأثير على الممرضات الميكروبية التي يلائمها الإعتدال عند درجات حرارة ٢٠-٣٠°م، فإذا ما إرتفعت درجة الحرارة أو انخفضت عن المعدلات المناسبة لتلك الميكروبات يقل نشاطها الممرض.

جـ- التعقيم الكلي أو الجزئي للأرض Complete or Partial Sterilization of Soil

يمكن إجراء تعقيم كلي للأرض، أو فقط جزئي الذي لا يتم به تدمير جميع الممرضات وإنما بعض مجموعات فقط. ويعتبر التعقيم الكلي للأرض صعباً في الحقل أو حتى في الصوبة النباتية، مما يجعل الأرض معرضة لعودة التلوث مرة أخرى، ولذلك فهذا الإجراء غير مفضل. وعادة يتبع تعقيم الأرض في المعمل بفرض تنمية ميكروب معين وإختبار نقاء سلالة محددة. وتستخدم لأغراض التعقيم أكثر من طريقة.. فمنها الحرارية تحت ضغط بأستخدام الأوتوكلاف "Autoclave"، أو فرن الهواء الساخن "Hot Air Oven"، ومنها كذلك الإشعاعية باستخدام أشعة جاما "Gamma Irradiation".

ويستخدم التعقيم الجزئي للأرض بهدف تدمير حشرات ضارة معينة أو فطريات ممرضة، وليس كل التجمع الميكروبي في الأرض. ويجري التعقيم الجزئي بالحرارة الجافة أو الرطبة، أو ببعض المواد المعقمة (المطهرة) الطيارة أو غير الطيارة. ومن المعقمات أو المطهرات الطيارة ثنائي كبريتيد الكربون، تلوين، فورمالدهيد، وحمض الهيدروسيانيك. ومن المعقمات غير الطيارة الفينول، الكريزول، والكلوروبيكرين. وهذه المعقمات لا تتراكم في الأرض، فهي إما أن تتطاير أو تتحلل بواسطة الميكروبات. وتقوم هذه المعقمات جزئياً بالتأثير على الفطريات وكثير من البروتوزوا وبعض البكتيريا. ويكون تأثير هذه المعقمات جزئياً على الفطريات وكثير من البروتوزوا وبعض البكتيريا ومنها بكتيريا النترته "Nitrifying Bacteria". وهناك بعض البكتيريا تقاوم هذه المعقمات، وفوراً ما تعاود التكاثر بشدة بعد إنقضاء معاملة التطهير. ويترتب على ذلك شدة تحلل المواد العضوية بالأرض وبالتالي انطلاق الأمونيا لصالح التغذية النيتروجينية المعدنية للنباتات النامية. هذا مما يجعل التعقيم الجزئي مفيداً لخصوبة الأرض. كما يعلل ذلك بأن إستخدام بعض المطهرات بكميات

صغيرة يؤدي إلى تنشيط كل من الميكروبات وجذور النباتات، وكذلك يفترض أن هذه المعاملات تدمر السموم بجانب تدمير الفطريات والبكتيريا الممرضة، مما يؤدي في النهاية إلى تحسين نمو النبات.

د- إستخدام كيماويات خاصة Use of Special Chemicals for Treatment of Soil

يستخدم عدد من المركبات الكيماوية لمكافحة الفطريات والنيماتودا المختلفة، وأهمها الفورمالدهيد، حيث تعامل به الأرض الملوثة بمعدل ٠,٠٤٥- ٠,٠٥٠% فيعطي نتائج جيدة، كما في حالة نيماتودا بنجر السكر حتى عمق ٦٠سم وليس أبعد من ذلك. ويستخدم الفورمالين أحياناً عقب البنزول الخام لمكافحة مرض ذبول البطاطس "Potato Wart". وكذلك يستخدم ثنائي كلوريد الزئبق ومطهرات أخرى لمكافحة أمراض نبات مختلفة. فقد وجد أن إستخدام محلول كلوريد الزئبقيك بتركيز، ١ : ١,١٠٠ أو ١: ١,٢٠٠ تخلص الأرض من أمراض الجذور (اليرقات، التشوه، العفن الأسود) ومرض ذبول النباتات "Damping off". كما يفيد التولوين في مكافحة فيروسات مختلفة.

ويستخدم الزرنيخ بخلطه مع الرماد بالتكبيش على الأرض لتدمير بعض الديدان المتطفلة وخاصة في مسطحات الجولف. كما يضاف حمض الزرنيخ (بتركيز ١,٢%) قبل الزراعة بعشرة أيام لتدمير فطريات الذبول في الأرض.

ويضاف العديد من المبيدات الكيماوية المختلفة إلى الأرض لمقاومة الآفات الميكروبية الممرضة للنباتات، ومنها ما يضاف إلى الأرض الخالية من النباتات وآخر يضاف في وجود النبات. وهنا نشير إلى أن الكيماويات المختلفة المستخدمة في مقاومة الآفات، برغم فائدتها في التخلص من آفة معينة، قد يكون لها بعض الضرر على كائنات أخرى قد تكون نافعة من ناحية، أو يكون لها تأثير ما على النباتات النامية والبيئة المحيطة عامة من ناحية أخرى.

المقاومة الحيوية للميكروبات المرضية في الأرض

BIOLOGICAL CONTROL OF SOIL – BORNE PATHOGENS

يوجد في الأرض الزراعية ميكروبات تضر بميكروبات أخرى، إما بأن تنافسها على الغذاء أو المكان، أو أن البعض يتغذى أو يتطفل على الآخر أو يقتله.. وتسمى هذه الظاهرة "التضاد" Antagonism". كما أن هناك بعض الميكروبات تستخدم تلقيحًا للأرض بغرض التخلص من ميكروبات مرضية معينة، في إجراء يعرف "**بالمقاومة الحيوية Biocontrol**". وسنعرض كليهما فيما يلي:

أولاً: التضاد فيما بين ميكروبات الأرض Antagonism Among Soil Microorganisms

يقصد بالتضاد بين ميكروبات الأرض تثبيط أو تدمير ميكروب أو مجموعة ميكروبية بواسطة ميكروبات أخرى. وهذا التضاد يرجع إلى عدد من الأسباب، كما يلي:

١) استهلاك المصادر الصالحة للغذاء.

٢) تغيرات فيزيوكيماوية في الوسط نتيجة نشاط بعض الميكروبات والتي بدورها تؤثر سلبًا على نشاط ميكروبات أخرى. وهذه الحالة مثل تغير أي من الضغط الأسموزي، أو الشد السطحي، أو جهد الأكسدة والاختزال، أو رقم التفاعل "pH".

٣) التنافس على موقع معين في الوسط.

٤) إنتاج إنزيمات أو سموم من ميكروب تؤثر على آخر.

٥) تدمير أو تطفل بعض الميكروبات على غيرها، كتدمير البروتوزوا للبكتيريا أو تغذيتها عليها، وتطفل النيماتودا على بعض الخنافس.

وتأخذ عملية التضاد الصور التالية:

أ- التنافس Competition

يحدث التنافس بين ميكروبات الأرض أساسًا على ندرة الغذاء أو أي من عناصره (الكربون، النيتروجين، الفوسفور). فإذا ما توفر الغذاء ينتهي التنافس. وكذلك يحدث

التنافس مكانياً خاصة في منطقة جذور النبات (Rhizosphere)، وهذا يرتبط بتوفر الغذاء والمنشطات في هذه المنطقة.

ب- الإضرار Amensalism

تعرف هذه الصورة من التضاد بأنها الحالة التي يضار فيها ميكروب من آخر نتيجة إفراز مادة سامة أو مواد من شأنها تغيير ظروف البيئة دون أن يتأثر الميكروب المسبب نفسه. وتأتي هنا الميكروبات المنتجة للمضادات الحيوية حيث تحدث عملية "Antibiosis"، وهذه الميكروبات مثل:

Stroptomyces, Nocardia, Micromonspora, Pseudomonas, Penicillium, Trichoderma, Asperigillus and *Fusarium.*

وكذلك تفعل بعض الميكروبات المنتجة للأحماض خاصة المعدنية منها مثل النيتريك والكبريتيك، أو مركبات أخرى تكون ضارة في حالة زيادة تركيزها كالأمونيا والنيتريت وكبريتيد الهيدروجين. وهذه من أمثلتها البكتيريا المسئولة عن عمليات النترتة (أكسدة النترات) وإختزال النترات وأكسدة الكبريت وإختزال الكبريتات.

جـ- الإفتراس والتطفل Predation and Parasitism

وهي الحالة التي يهاجم فيها ميكروب ما نوعاً آخر بفرض إلتهامه أو التطفل عليه. فالبروتوزوا تتغذى على البكتيريا وكذلك تفعل "Myxobacteria" وبعض فطريات العفن "Cellular Slime Molds". ويتم ذلك إما بتحلل الخلية البكتيرية إنزيمياً أو بالإلتهام المباشر. وكذلك تتعرض بعض الطحالب والفطريات والخمائر لعمليات التحلل بإنزيمات الميكسو بكتيريا. وهناك الكثير من الميكروبات لها قدرة الإفتراس وهي مثل:

Bacillus, Pseudomonas, Flavobacterium, Polyangum and *Streptomyces.*

وبصفة عامة يبين جدول رقم "١٧" حالات التضاد فيما بين ميكروبات الأرض (عن: Whipps, 1997).

جدول رقم (١٧): أمثلة لبعض الميكروبات المضادة وأهدافها ونوع المرض والعائل.

الميكروبات المضادة	الميكروب المستهدف	المرض والعائل
Bacteria and actinomycetes		
Agrobacterium radiobacter	*Agrobacterium tumefaciens*	Crown gall of crucifers, roses, and fruit trees
Bacillus subtilis	*Pythium ultimum* *Rhizoctonia solani*	Damping off of cotton and legumes
Pseudomonas fluorescens	*Fusarium oxysporum f. sp. raphani*	Fusarium wilt of radish
Streptomyces griseoviridis	*Alternaria brassicicola*	Damping off of crucifers
	Fusarium oxysporum f. sp. Dianthi	Carnation wilt
Fungi		
Coniothyrium minitans	*Sclerotinia sclerotiorum*	Sunflower disease
Fusarium oxysporum (nonpathogenic)	*Fusarium oxysporum. f. sp. batatas*	Fusarim wilt of sweet ptotato
	Fusarium oxysporum	Fusarium wilt of tomato and carnation
		Fusarium wilt of basil, carnation, and tomato
Gliocladium catenulatum	*Pythium spp.*	Damping off
Gliocladium virens	*Pythium ultimum and Rhizoctonia solani*	Damping off of bedding plants
Peniophora (Phlebia) gigantean	*Heterobasidion annosum*	Stem and root rot of pine
Pythium oligandrum	*Pythium ultimum*	Damping off of sugar beet
Trichoderma spp.	*Botrytis, Pythium, Sclerotinia and Verticillium spp.*	Fruit and vegetables
	Armillaria mellea	Honey fungus of trees
	Heterobasidion annosum	Stem and root rot of pine
Trichoderma harzianum	*Pythium sp.*	Damping off of pea

ثانياً: الميكروبات المقاومة لبعض الآفات والميكروبات الممرضة للنبات فى الأرض

Biocontrol by Microorganisms for Some Plant Pests and Soil – Borne Pathogens

وتعرف هذه العمليات التطبيقية كذلك بـــ "**المبيدات الحيوية ميكروبيًا**" "**Microbial Biocides**"، وفيها يجري تلقيح الأرض "Soil Inoculation" بميكروبات فعالة في التخلص من آفات أو ميكروبات ممرضة محددة. وهذه الطريقة تعتبر آمنة وصديقة للبيئة، وتعتبر من أهم أسس الزراعة العضوية (Organic Farming). ولايعيب هذه التقنية إلا بطيء تأثيرها على آفاتها المقصودة، وكذلك محدودية نطاق تأثيرها فهي ذات تخصص محدد لعائل أو لعوائل معينة، بجانب أن إستخدامها يحتاج لدقة في التوقيت والظروف المناسبة.

وتعمل مختبرات الميكروبيولوجيا والبيولوجيا الجزيئية والتكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية على تطوير الكائنات الميكروبية المبيدة للآفات والممرضات بإستخدام تقنيات الانتقاء "Selection" والتطفر "Mutation" والتحكم الجيني ونقل البلازميدات "Gene Manuplation and Plasmid Transfer"، وذلك مع المختصين المعنيين بالآفات والممرضات. وعادة تبدأ الإجراءات بعزل الميكروب المبيد من بيئته الطبيعية وتنميته وتنشيطه على البيئات التركيبية وإختبار قدرته على إبادة الآخر. ثم ينتقل الإختبار إلى الأرض المعقمة جزئياً، ويليها إجراء تجارب أصص بالصوبة النباتية، ثم تطبيقات حقلية على نطاق محدود وأخيراً على نطاق واسع. وبعد كل هذه الإختبارات يجرى إنتاج هذا المبيد الحيوي تجارياً. ولا يفوتنا أن ننوه إلى أهمية الأخذ في الإعتبار تداخل الظروف البيئية وخواص الأرض ونوع النبات والمعاملات الزراعية من حيث اختلافها من مكان لآخر، مما قد يؤثر على كفاءة المستحضر الحيوي في عمله. وقد تحققت نجاحات ملموسة في مجالات المقاومة الميكروبية للآفات "Microbial Pesticides" (وخاصة الحشرات والحشائش) ومقاومة الميكروبات الممرضة "Microbial Microbicides" (وخاصة الفطريات)، نعرض بعضها فيما يلي:

أ- الميكروبات المبيدة للحشرات Microbial Insecticides

١) **الفيروسات:** لمقاومة يرقات حشرة البرسيم "*Colias eurytheme*"، والتي يستخدم لمقاومتها نوعين من الفيروسات هي:

- DNA viruses: Nuclear polyhedrous viruses and Granulosis viruses.
- RNA viruses: Cytoplasmic polyhedrous viruses.

٢) **الريكتسيا:** لمقاومة الحشرات من الرتب..

Cleoptera, Lepidoptera and Orthropoda

حيث تستخدم في ذلك تحديداً ريكيتسيا *Rickettsia popilliae* and *R. grylli*.

٣) **البكتيريا:** يعتبر الميكروب "*Bacillus thurigiensis*" أكثرها كفاءة وأوسعها إنتشاراً في الأراضي والمخلفات النباتية والحيوانية وغيرها. وله عدد كبير من السلالات التي تعمل على أنواع مختلفة من رتب الحشرات مثل:

Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Orthroptera, Effestia and many others.

ويعتمد هذا الميكروب في تدميره للحشرات على ما يفرزه من بعض السموم المختلفة. وكذلك توجد أنواع أخرى من البكتيريا مثل "*Bacillus popillia*" التي تسبب مرض "Milky disease" للخنفسة اليابانية "*Popillia japonica*". وبكتيريا "*Bacillus sphaericus*" التي تتغذى عليها يرقات البعوض من جنس "*Culex and Anopheles*"، ثم تموت اليرقة بسم البكتيريا.

٤) **الفطر:** وهو يختلف عن الميكروبات الأخرى، حيث يلتصق بسطح الحشرة ثم تنمو جراثيمه الكونيدية وتمتد نمواتها داخل جسم الحشرة. ومن أمثلة تلك الفطريات "*Bauveria bassiana*" المستخدم في مقاومة خنفساء البطاطس.

ب- الميكروبات المبيدة للأعشاب Microbial Herbicides

يستخدم فطر "*Puccinia chrondrillina*" في مقاومة حشيشة "*Chrondrilla junica*"، وفطر "*Cercospora rodmanii*" في مقاومة ياسنت الماء "*Eichornia crassipes*". وتستخدم هذه المستحضرات الفطرية نثراً أو رشاً على النباتات.

جـ- الميكروبات المبيدة للميكروبات المرضية Microbial Microbicides

يستخدم عمليًا بعض أنواع من الميكروبات، بكتيرياً أو فطريات بصفة رئيسية، فى القضاء على عدد من الميكروبات المسببة لأمراض النبات فى الأرض ("Microbial Bactericides" للممرضات البكتيرية، "Microbial Fungicides" للممرضات الفطرية)، كما يظهر فى جدول رقم "١٨" (عن: Whipps, 1997).

جدول رقم (١٨): أمثلة لبعض ميكروبات المقاومة الحيوية لممرضات النبات الفطرية فى الأرض.

النبات العائل	الميكروبات الممرضة المستهدفة	الميكروبات الفعالة (المبيدة)
		Bacteria
Wheat	*Rhizoctonia solani*	*Bacillus subtilis* A. 13
Wheat	*Gaeumannomyces graminis*	*Bacillus pumilus*
Apple	*Phytophthora cactorum*	*Enterobacter aerogenes*
Turfgrass	*Sclerotinia homeocarpa*	*E. cloacae*
Pea	*Aphanomyces euteiches*	*Pseudomonas spp.*
Potato	*Erwinia carotovora*	
Cotton	*Pythium ultimum*	
Cotton	*Rhizoctonia solani*	
Wheat	*Gaeumannomyces graminis*	*P. fluorescens*
Wheat	*G. graminis*	*P. fluorescens* 2-79
chickpea	*Pythium ultimum*	*P. fluorescens* Q 29z-80
		Fungi
Sunflower Lettuce	*Sclerotinia sclerotiorum*	*Coniothyrium minitans*
Tomato, muskmelon	*Fusarium oxysporum*	*Fusarium oxysporum (nonpathogenic)*
Table beet	*Pythium ultimum*	*Laetisaria arvalis*
Chickpea	*Pythium ultimum*	*Penicillium oxalicum*
Chickpea	*Aphanomyces cochlioides*	*Pythium oligandrum*
Sugar beet	*Pythium ultimum*	
Lettuce	*Sclerotinia minor*	*Sporidesmium sclerotivorum*
Aubergine	*Verticillium dahliae*	*Talaromyces flavus*
Sugar beet	*Rhizoctonia solani*	*Trichoderma harzianum*
Peanut	*Sclerotium rolfsii*	
Potato	*Rhizoctonia solani*	*Verticillium biguttatum*

مصادر معلومات الكتاب

المراجع المختارة

SOURCES OF BOOK INFORMATION AND SELECTED REFERENCES

أولاً- مصادر ومراجع عربية.

ثانياً- مصادر ومراجع أجنبية.

مصادر معلومات وبيانات وردت فى هذا الكتاب

ومراجع مختارة للإستزادة

BOOK SOURCES AND SELECTED BEFERENCES

أولاً- مصادر ومراجع عربية:

- أحمد فؤاد باشا (٢٠١٠): مشكلات التلوث وتغيرات المناخ (نحو ثقافة بيئية). الهيئة العامة للكتاب- القاهرة.
- أحمد مدحت سلام (١٩٩٠): التلوث مشكلة العصر (عالم المعرفة). دار السياسة - الكويت.
- جهاز شئون البيئة (١٩٩٢): خطة العمل البيئي في مصر- القاهرة.
- على محمد عبد الله (١٩٩٨): التلوث البيئي والهندسة الوراثية. الهيئة العامة للكتاب - القاهرة.
- سعد على زكي، عبد الوهاب عبد الحافظ، محمد الصاوي مبارك (١٩٨٨): ميكروبيولوجيا الأراضي. مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة.
- محمد السيد أرناؤوط (١٩٩٣): الإنسان وتلوث البيئة. الدار المصرية اللبنانية- القاهرة.
- ممدوح فتحي عبد الصبور (٢٠٠٠): تلوث البيئة وصحة الإنسان. مركز البحوث النووية بهيئة الطاقة الذرية - القاهرة.

ثانياً- مصادر ومراجع أجنبية:

- Alexander, M. (1982): Introduction to Soil Microbiology. 2nd ed. John. Wiley & Sons Inc. New York, USA.
- Alexander, M. (1994): Biodegradation and Bioremediation. Acad. Press. San Diego, USA.
- Alloway, B. J. (1995): Heavy Metals in Soil. 2nd ed. Blackie Acad. & Protes. London, UK.
- Arthur, E. L. ; Rice, P. Anderson, T; Baladi, S; Henderson, K. and Coats, J. (2005): Phytoremediation: An Overview. Plant Sci., 24: 109-122.
- Asha, A.; Juwarka, K. and Mudhoo, A. (2010): Studied a comprehensive overview of element in bioremediation. Environ. Sci. Biotech., 9: 215-288.
- Atals, R., (1995): Bioremediation. Chem. Engin., 3: 32-42.
- Atals, R. and Bactha, R. (2000): Microbial Ecology (Fundamentals and Application). A. Wesely Longman Inc. New York, USA.
- Bakcer, K. and Herson, D. (1994): Bioremediation. MeGraw- Hill. New York, USA.
- Blaylock, M. and Huang, J. (2000): Phytoextraction of metals. In: Phytoremediation of Toxic Metals. Rosking and Ensley (Eds.) John Wiley & Sons. New York, USA.
- Bollag, J. and Stotzky, G. (2000): Soil Biochemistry. Vol. 10. Marcel Dekker Inc. New York USA.
- Bowen, H. (1966): Trace Elements in Biochemistry. Academic Press. London, UK.
- Cheney, R. (1999): Soil bioremediation and heavy metals contamination. J. Environ. Quality, 33: 1151-1167.
- Deacon, J. (1983): Microbial Control of Plant Pests and Diseases. Aspects of Microbiology, No. 7. Amer. Soc. Microbiol. Washington, DC., USA.
- Elsas, J.; Trevors, J. and Willington, E. (1997): Modern Soil Microbiolgy. Marcel Dikker Inc. New York, USA.
- EPA "Environmental Protection Agency" (1997): Innovative uses of compost. Bioremediation and Pollution Prevention. EPA 530- F- 97-042. USA.
- FAO "Food and Agriculture Organization (UN)" (1994): Water Quality for Agriculture. Paper No. 29 (Rev.).

- Flathman, P.; Jerger, D. and Exner, J. (1986): Bioremediation Field Experience. Lewis Pub. Baca raton, USA.
- Gealchini, F.; Dell Anno, A.; Propris, I.; Ilbaldini, S.; Cerrone, F. and Danovaro, R. (2009): Auto – and heterotrophic acidophilic bacteria enhance the bioremediation efficiency of sediments contaminated by heavy metals. Chemosphere, 74: 1321-1330.
- Gerbardt, K.; Huang, X.; Glick, B. and Greenberg, B. (2009): Phytoremedition and rhizoremediation of soil contaminats: Potential and challenges. Plant Sci., 176: 20-30.
- Gibson, D. and Soyler, G. (1992): Scientific Foundations of Bioremediation: Current Status and Future Needs. Amer. Acad. Microbiol. Washington, D. C., USA.
- Glick, B. (2003): Phytoremediation: Synergistic use of plant and bacteria to clean up the environment. Biotech. Adv., 21: 383-393.
- Gobat, J.; Aragno, M. and Mathey, W. (2003): The Living Soil (Fundamentals of Soil Science and Soil Biology). Sci. Publ. Plymouth, UK.
- Hacman, G. and Lumsden, R. (1990): Biological disease control. In: The Rhizosphese. Lynch, J. (Ed.). Wiley. New York, USA.
- Hokkanen, H. and Lynch, J. (1995): Biological Control, Benefits and Risks. Cambridge Univ. Press. New York, USA.
- Kabata-Banadis and Bonadis, H. (1992): Trace Elements in Soil and Plant. CRC. Poland.
- Leung, K. and other seven researchers (1997): A case study of bioremediation of polluted soil: biodogradation and toxicity of chlorophenols in soil. In: Modern Soil Microbiology. Elsas, J. et al. (Eds). Marcel Dikker, Inc. New York, USA.
- Moraes, E. and Messias, C. (1997): Insect microbial association and microbial pest control. In: Progress in Microbial Ecology. Martins et al. (Eds.) SBM/ ICOME. Santos, Brazil.
- OECD "Organization for Economic Cooperation and Development " (1994): Biotechnology for a Clean Enviroment. Paris, France.
- Swaine, H. (1966): The trace element contents of fertilizers. Common Wealth Bureau of Soils. Tech. Commun., No. 52.

- Topp, E.; Vallaeys, T. and Soulons, G. (1997): Pesticides: Microbial degraduation and effects on microorganisms. In Modern Soil Microbiology Elsas et al. (Eds.). Marcel. Dikker, Inc. New York, USA.
- USEPA "United States Environmental Protection Agency". About Pesticides (2006): http://www.epa.gov./ pesticides about / types. Htm.
- Vaccari, S. and Alleman, E. (2006): Environmental Biology for Engineers and Scientists.
- Waksman, S. (1952): Soil Microbiology. John Wiley & Sons Inc. New York, USA.
- Wapker, N. (1975): Soil Microbiology. Butterworth. London, UK.
- Whipps, J. (1997): Ecological considerations involved in commercial development of biological control ageuts for soil – borne diseases. In: Modern Soil Microbiology. Elsas, J. et al. (Eds.) Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

المؤلف في سطور



دكتور/ ماهر مراد الشناوي

- أستاذ ميكروبيولوجيا وبيوكيمياء الأراضي بكلية الزراعة – جامعة المنوفية.
- حصل على بكالوريوس مع مرتبة الشرف في علوم الأراضي من كلية الزراعة بجامعة الإسكندرية (١٩٦٢)، ثم درجتي الماجستير (١٩٦٧) والدكتوراه (١٩٧٠) في العلوم الطبيعية (ميكروبيولوجيا) من جامعة شارل ببراج.
- تدرج في الوظائف العلمية الجامعية إلى **درجة أستاذ** (١٩٨٠).
- شغل عدداً من المناصب الأكاديمية بدءاً برئيس مجلس قسم ثم وكيلاً للكلية لشئون الدراسات العليا والبحوث ووكيلاً لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة وإنتهاء **بعميد كلية الزراعة – جامعة المنوفية.**
- أعير إلى كل من كليتي العلوم بالجزائر العاصمة (٧٦– ١٩٧٧) والكويت (٧٨–١٩٨٢).
- قام بتدريس عدد من مقررات لمرحلتي البكالوريوس والدراسات العليا. كما أشرف على حوالى أربعين رسالة لدرجتي الماجستير والدكتوراه. وأشرف على وشارك في عدد من المشروعات البحثية الممولة من وزارة الزراعة وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا. وله أكثر من **تسعين بحثاً علمياً** منشوراً بالدوريات العلمية المحكمة المصرية والدولية.
- عضو ومقرر بالعديد من اللجان العلمية والإستشارية بمصر بالمجلس الأعلى للجامعات ووزارة الزراعة وأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا وجامعة المنوفية، والجمعيات العلمية المصرية والدولية، وكذلك بعدد كبير من المؤتمرات المحلية والإقليمية والدولية.
- مؤسس ورئيس هيئة تحرير مجلة المنوفية للبحوث الزراعية. وهو **عضو مجلس تحرير المجلة الدولية** "**Resources, Recycling & Conservation**" التي تصدرها دار النشر العالمية "**elsevier**".
- **حائز على "جائزة الدولة التشجيعية في العلوم الزراعية " لعام ١٩٨٩.**
- **حاصل على " نوط الإمتياز من الفئة الأولى" عام ١٩٩٥، من السيد رئيس الجمهورية.**
- **حاصل على العديد من شهادات التقدير والدروع والميداليات..** من جامعات المنوفية والكويت وكاليفورنيا (ريفرسايد)، وهيئة فولبرايت الأمريكية العالمية، ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة.

- عضو بكل من اللجنتين القوميتين لعلوم الأراضي والكائنات الدقيقة ومركز تنمية بحوث إقليم الدلتا بأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا.
- أستاذ زائر بجامعة كاليفورنيا – ريفرسايد (٨٦–١٩٨٧) بترشيح من هيئة فولبرايت.
- مستشار لمجلس إدارة " الجمعية الدولية للتكنولوجيا البيئية" بنيوزيلندا.
- عضو الوفد الدولي لعلماء الأراضي على مستوى العالم، لزيارة جامعات ومراكز البحث العلمي بدولة جنوب إفريقيا في المشروع الأمريكي العالمي "**People to People International**" الذي يرأسه شرفيا السيد رئيس الولايات المتحدة الأمريكية (١٩٩٦).
- أحد شخصيات "الموسوعة القومية للشخصيات المصرية البارزة"، الصادرة عن الهيئة العامة للاستعلامات.

مطبعة أكتوبر الهندسية
October Engineering Press

OEP
مطبعة أكتوبر الهندسية
October Engineering Press

أصبحت مشكلات التلوث على درجة عالية من الأهمية التى تواجه العالم بأقطاره المختلفة، النامية منها والمتقدمة على السواء، فبينما يسعى الإنسان من خلال العلم والتكنولوجيا لتحسين وتطوير مقومات ووسائل حياتة بهدف تحقيق تقدمة ورفاهيته، يواجه فى الوقت ذاته تعقيدات عديدة أهمها تلوث البيئة الذى يهدد حياة الإنسان، الحيوان والنبات على السواء.

يعتبر التلوث مشكلة حقيقية فى المناطق ذات النشاط الصناعى الكثيف، خاصة وأن هذا النوع من الأنشطة ينمو ويتزايد بخطىً سريعةً ومتلاحقةً فى كل أرجاء المعمورة. ونظراً لأن هذه الأنشطة غالباً ما يقاربها أراضى زراعية وأنهار وتجمعات سكنية، فإن خطر التلوث يكون حاضراً ومؤثراً بطرق مباشرة وغير مباشرة.

يتناول هذا الكتاب، « التلوث الكيماوى والميكروبى للأراضى الزراعية ومياه الرى» من حيث : مصادره، أنواعه ومكوناته المختلفة وتأثيره على صور الحياة البشرية والحيوانية والنباتية. كما يتطرق إلى طرق الوقاية والعلاج من الآثار الضارة لهذا التلوث.

وأخيراً .. أرجو أن يكون هذا الكتاب إضافة مفيدة للمكتبة العربية.

والله ولى التوفيق،،،

الناشر

281-550-0



ACADEMIC BOOKSHOP
EGYPTIAN JOINT-STOCK CO. CAIRO 2002